



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Měřicí dynamický systém s využitím chemických senzorů

**Dynamic measuring system with improvement of chemical
sensors**

Liberec 2004

Pavel Kubík

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra měření

Studijní program: 2612 M – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612 T – Automatické řízení a inženýrská informatika

Měřicí dynamický systém s využitím chemických senzorů **Dynamic measuring systém with improvement of chemical** **sensors**

Pavel Kubík

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Václav Kopecký, CSc

Konzultanti:

Ing. Lenka Kretschmerová

Ing. Dagmar Machaňová

Rozsah práce:

Počet stran: 55

Počet tabulek: 2

Počet obrázků: 34

Počet příloh: 6

Datum: 20. května 2004

Anotace:

Cílem diplomové práce (DP) bylo navržení a sestavení měřicího systému odpovídajícího zušlechťovacímu procesu barvení kypovými barvivy.

Pro tento měřicí systém byla vyrobena magnetická míchačka s regulací otáček pulsně šířkovou modulací, zařízení pro ohřev barvicí lázně s fázově řízenou regulací výkonu a panel měřicí úlohy na kterém jsou jednotlivá zařízení, barvicí lázeň a nádoby umístěny.

Při realizaci měřicího systému byli použity snímače teploty, pH a redox potenciálu. Data ze snímačů jsou načítána měřícím přístrojem ALMEMO, který je připojen k počítači přes sériové rozhraní RS232.

V rámci DP byla vytvořena aplikace sloužící k načítání změřených hodnot z měřicího přístroje ALMEMO, jejich vizualizaci a ukládání.

Annotation:

The aim of the diploma thesis (DT) was to propose and workout the measuring system which corresponding to ennobling process of vat dyes.

Magnetic mixer with speed control using pulse width modulation, equipment for heating dye bath with phasic controlled regulation of power and measuring board where separate equipments, dye bath and bottles are placed, were especially made for this measuring system. .

Sensors of temperature, pH and redox potential were used in the course of realization of the measuring system. Sensors data are loaded by ALMEMO dataloger, which is connected to computer via serial interface RS232.

The application of loading measured data from ALMEMO dataloger, their visualization and saving was created for DT.

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.)

Jsem si vědom(a) toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi při vypracovávání diplomové práce poskytli potřebné odborné znalosti, zejména Ing. Lence Ketschmerové a Ing. Dagmar Machaňové.

Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu této diplomové práce

Doc. Ing. Václavu Kopeckému, Csc.

Obsah

1. ÚVOD	9
2. ZUŠLECHŤOVÁNÍ V TEXTILNÍM PRŮMYSLU	10
2.1. PŘEDÚPRAVA.....	10
1.2. BARVENÍ A TISK.....	11
1.3. FINÁLNÍ A SPECIÁLNÍ ÚPRAVY	11
3. MOŽNOSTI POUŽITÍ SNÍMAČŮ A MĚŘÍCÍCH ZAŘÍZENÍ.....	12
3.1. MĚŘENÍ TEPLoty	12
3.1.1. Dilatační snímače teploty	13
3.1.2. Odporové kovové a polovodičové snímače teploty.....	13
1.1.3. Termočlávkové snímače teploty.....	14
1.1.4. Bezdotykové snímače teploty	14
1.2. ANALYZÁTORY PRACOVNÍCH LÁZNÍ – CHEMICKÉ SENZORY	15
1.2.1. Senzory konduktivity	15
1.1.2. Elektrochemické senzory.....	16
1.3. MĚŘENÍ TLAKU	17
1.4. MĚŘÍCÍ SYSTÉM ALMEMO	18
4. NÁVRHY MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ.....	21
4.1. ŠLICTOVÁNÍ A ODŠLICTOVÁNÍ.....	21
4.1.1. Šlichtování	21
1.1.2. Odšlichtování.....	22
1.1.1.1. Odstraňování šlichtet na bázi škrobu.....	22
1.1.1.2. Odstraňování škrobových šlichtet pomocí enzymů.....	22
1.1.1.3. Odstraňování ve vodě rozpustných šlichtet.....	23
1.1.1.4. Odstraňování vodorozpustných i vodонераzpustných šlichtet	23
1.1.3. Měřicí systém odšlichtování.....	24
1.2. MERCERACE	25
1.2.1. Mercerace za napětí.....	25
1.2.2. Louhování	26
1.1.3. Mercerace kapalným amoniakem	26
1.1.4. Měřicí systém mercerace	26
1.3. BĚLENÍ	28
1.1.1. Bělení chloritanem sodným.....	28
1.1.2. Měřicí systém bělení chloritanem sodným.....	29
1.1.3. Bělení peroxidem vodíku.....	30
1.1.4. Měřicí systém bělení peroxidem vodíku.....	31
1.4. BARVENÍ	32
1.4.1. Barvení kypovými barvivy.....	32
1.1.1.1. Kypování	32
1.1.1.2. Předredukce	33
1.1.1.3. Leukopotenciál	33
1.1.1.4. Oxidace.....	33
1.1.1.5. Rozdělení kypových barviv podle způsobu aplikace	34
1.1.2. Měřicí systém barvení kypovými barvivy.....	34

5. REALIZACE MĚŘÍCIHO SYSTÉMU	36
5.1. MÍCHACÍ ZAŘÍZENÍ	36
5.1.1. Sestavení pohonu magnetické míchačky	37
1.1.2. Stejnosměrný motor	38
1.1.3. Pulsně šířková modulace	39
1.1.4. Napájecí část.....	41
1.1.5. Sestavení magnetické míchačky	41
1.2. TOPNÉ ZAŘÍZENÍ	44
1.2.1. Regulace výkonu topného zařízení.....	44
1.2.2. Sestavení topného zařízení.....	46
1.3. BARVÍCÍ LÁZEŇ	48
1.4. ZHOTOVENÍ PANELU PRO MĚŘÍCÍ ÚLOHU	49
1.5. APLIKACE.....	51
1.5.1. Varian Async32.....	51
1.5.2. Vytváření aplikace	52
6. ZÁVĚR.....	54
7. POUŽITÁ LITERATURA.....	55
8. PŘÍLOHY	1
A. MAGNETICKÁ MÍCHAČKA	1
A.1. Deska plošných spojů.....	1
A.2. Rozložení součástek.....	1
A.3. Schéma obvodu magnetické míchačky	2
B. REGULÁTOR VÝKONU TOPNÉHO TĚLÍSKA.....	1
B.1. Deska plošných spojů.....	1
B.2. Rozložení součástek.....	1
A.3. Schéma obvodu regulátoru výkonu topného tělíska.....	2
C. PANEL MĚŘÍCÍ ÚLOHY	1
C.1. Barvící lázeň.....	1
C.2. Držák nádržky	2
C.3. Držák snímačů.....	2
C.4. Sestavený panel měřicí úlohy	3
D. MĚŘENÍ.....	1
D.1. Příprava barvící lázně.....	1
D.2. Průběh barvení.....	1
D.3. Závěr měření	2
E. OBSAH PŘILOŽENÉHO CD	1
F. UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA	1

1. Úvod

Při procesech textilního zušlechťování probíhají mechanické, fyzikální, fyzikálně chemické a chemické pochody, na jejichž průběhu přímo závisí výsledná kvalita textilního výrobku. Tyto pochody jsou ovlivňovány podmínkami v reakčním prostředí, jako jsou teplota, tlak, koncentrace účinných látek v reakčním prostředí, doba reakce, vlhkost atd.

Hlavním cílem diplomové práce je proto sestavení měřicího systému, na kterém si budou moci studenti textilní fakulty ověřovat teoretické znalosti, získané při výuce v oboru zušlechťovacích procesů textilního průmyslu.

Tato práce je rozdělena do samostatných kapitol podle vytyčených cílů. Kapitola 2 obsahuje základní popis a rozdělení zušlechťování v textilním průmyslu. V kapitole 3 je provedeno rozdělení a přehled snímačů používaných při zušlechťovacích procesech. Také je v této kapitole stručný popis měřicího systému ALMEMO. Kapitola 4 obsahuje návrhy měřicích systémů odpovídajících zušlechťovacím procesům. Kapitola 5 popisuje realizaci vybraného měřicího systému pro zušlechťovací proces barvení kypovými barviv. Zhodnocení výsledků a dosažených cílů práce je provedeno v kapitole 6. Součástí diplomové práce je kompaktní disk s některými použitými softwarovými nástroji a vytvořenou aplikací zajišťující načítání a vizualizaci naměřených dat. Obsah a rozdělení CD je v příloze E.

2. Zušlechťování v textilním průmyslu

Zušlechťovacím procesem v textilním průmyslu se rozumí všechny chemické, fyzikálně chemické a mechanické pochody, jejichž cílem je:

- zbavit textilie nežádoucích nečistot a příměsí,
- připravit textilní materiál pro další zušlechťovací pochody, kterými se získává textilie požadovaných vlastností a
- dodat textilním materiálům vlastnosti, vhodných pro daný účel použití jako barvu, lesk, pevnost, pružnost, nehořlavost, vodoopudivost atd.

Z hlediska návaznosti můžeme zušlechťovací procesy rozdělit na:

- předúpravy,
- barvení a tisk,
- finální a speciální úpravy.

2.1. Předúprava

Předúpravou se má docílit:

- odstranění cizorodých materiálů z vláken ke zlepšení jejich rovnoměrnosti, hydrofilních vlastností a afinity k barvivům a zušlechťovacím přípravkům,
- zlepšení schopnosti rovnoměrně absorbovat barviva (což je případ mercerace) a
- uvolnění napětí syntetických vláken (bez tohoto uvolnění mohou vznikat nehomogenity a rozměrová nestabilita).

Procesy a techniky předúpravy závisí na druhu zpracovávaného vlákna. U surovin z přírodních vláken, jako je bavlna, vlna, hedvábí a len jsou technické problémy komplikovanější než u vláken syntetických a regenerovaných. Přírodní vlákna jsou doprovázena větším množstvím látek, které mohou rušit při pozdějším zpracování. Naproti tomu chemická vlákna obvykle obsahují jen textilní pomocné přípravky, ve vodě rozpustnou šlichtu a nečistoty. Dalšími faktory na kterých závisí procesy předúpravy je množství materiálu, které se má zpracovat (např. kontinuální postupy jsou produktivnější, ale jsou ekonomicky reálné jen pro velké výrobní kapacity) a forma

vláken (volný materiál - vložka, příze, tkané nebo pletené textilie). Procesy předúpravy se často provádějí v zařízeních stejného typu jako jsou zařízení k barvení (zejména u zpracování v lázních se materiál nejčastěji podrobuje předúpravě v tomtéž zařízení, v němž se poté barví).

2.2. Barvení a tisk

Barvení je způsob opatřování textilie barvami, při němž se barvivo rovnoměrně aplikuje na textilní materiál, aby se docílil stejný odstín s uživatelskými vlastnostmi a stálobarevností vyhovujícími konečnému použití. Barvení textilií předpokládá použití řady různých chemikálií a pomocných přípravků k podpoře procesu barvení. Některé jsou specifické pro určitý proces, zatímco jiné se používají i v jiných operacích. Některé pomocné přípravky (např. dispergační činidla) jsou již obsaženy v barvivech, častěji se však přidávají v pozdější fázi do barvicích lázní. Protože textilní pomocné přípravky obecně nezůstávají po barvení na substrátu, nacházejí se nakonec v emisích.

Tisk, stejně jako barvení, je proces při němž nanášíme barvy na substrát. Místo barvení celého materiálu (plošné textilie, koberce nebo příze) se však při něm barva aplikuje jen na určitá místa, aby se získal požadovaný vzor. To předpokládá jiné postupy a jiná zařízení než barvení, ale fyzikální a chemické procesy mezi barvivem a vláknem jsou obdobné jako při barvení.

2.3. Finální a speciální úpravy

Finální a speciální úpravy jsou zušlechťovacími procesy, které slouží k tomu, aby dodaly textilii konečné uživatelské vlastnosti. Mohou to být vizuální vlastnosti, omak anebo speciální vlastnosti, jako nepropustnost pro vodu anebo třeba nehořlavost.

Finální úpravy se mohou provádět mechanicko-fyzikálními nebo chemickými způsoby zpracování. Kromě toho je možno u chemických úprav rozlišovat postupy, které předpokládají chemickou reakci pomocného přípravku s vláknem, a ty, u nichž není nutná. Některé finální úpravy jsou charakterističtější pro určité typy vláken (např. úpravy snadné údržby pro bavlnu, antistatické úpravy pro syntetická vlákna anebo úpravy proti molům a proti plstnatění pro vlnu), jiné mají univerzálnější použití (např. měkčení).

3. Možnosti použití snímačů a měřících zařízení

Pokud chceme řídit a optimalizovat zušlechťovací proces, jak z hlediska kvality výsledného výrobku, tak z hlediska materiálových a energetických úspor musíme nějakým způsobem odebírat informace z technologického procesu. K tomuto účelu slouží řada čidel (teploměry, tlakoměry, chemické senzory atd.). Podrobnější popis snímačů lze nalézt v [1] a [3].

3.1. Měření teploty

Teplota patří mezi nejčastěji měřenou fyzikální veličinu, protože zásadním způsobem ovlivňuje průběh většiny zušlechťovacích procesů. Snímače teploty používané při zušlechťovacích procesech můžeme rozdělit na dotykové a bezdotykové.

Snímače pro dotykové měření teploty:

- dilatační (odporové kovové a polovodičové, termoelektrické, krystalové),
- elektrické (kapalinové, plynové, bimetalové a parní) a
- speciální (akustické, šumové, magnetické aj).

Snímače pro bezdotykové měření teploty:

- tepelné a
- kvantové.

Teplotní čidla, jímky nebo pláště mohou být konstrukčně upraveny podle typu prostředí, ve kterém bude měření probíhat.

V případě zušlechťovacích procesů se provádí hlavně měření teploty:

- pracovních lázní,
- vnitřních prostor horkovzdušných a parních zařízení,
- povrchu válců a pracovních ploch a
- tkanin.

V následujících kapitolách je stručný popis nejčastěji používaných snímačů teploty jak pro dotykové, tak i pro bezdotykové měření teploty.

3.1.1. Dilatační snímače teploty

Dilatační senzory teploty jsou založeny na změně objemu látek vlivem teploty. Při použití těchto senzorů se měření teploty převádí na měření objemu, délky nebo tlaku. Výstupní signály závisí na použitém principu měření teploty. V nejjednodušším případě se jedná o zřetelnou indikaci teploty při použití rtuťových, kapalinových a tlakových teploměrů.

Bimetalové teploměry patří do skupiny kontaktních teploměrů, které mají pouze jednobitové výstupní signály, a tak umožňují pouze dvoupolohovou regulaci (případně kontrolu daného rozpětí teplot). Použití těchto senzorů je do 400°C.

3.1.2. Odporové kovové a polovodičové snímače teploty

Pro lepší možnosti regulace se používají odporové kovové teplotní snímače, jejichž výstupní signál je přímo úměrný měřené teplotě. U odporových teploměrů je využíváno závislosti odporu kovu na teplotě.

Pro kovové teploměry lze v rozsahu od 0°C do 100°C použít vztah

$$R = R_0(1 + \alpha \vartheta) \quad (3.1)$$

kde α je teplotní součinitel odporu a R_0 je odpor snímače při teplotě 0°C.

Pro teplotní součinitel odporu platí

$$\alpha = \left(\frac{R_{100} - R_0}{100R_0} \right) \quad (3.2)$$

kde R_{100} je odpor snímače při teplotě 100°C.

Pro větší rozsahy teplot platí nelineární rovnice v závislosti na použitém kovu. Nejrozšířenějšími odporovými snímači teploty jsou snímače platinové nebo niklové. Tyto teplotní snímače mají vysokou přesnost a používají se pro měření teplot v rozsahu od -200°C do 900°C.

Polovodičové odporové senzory využívají podobně jako odporové kovové snímače teplotní závislost odporu na teplotě. Tato závislost je u polovodičových odporových snímačů nelineární, takže navíc vyžadují korekci nelineární závislosti teplota-odpor. Výhodou polovodičových čidel teploty je malá velikost vlastního čidla. Polovodičové snímače jsou omezeny svým rozsahem od -50°C do 150°C .

3.1.3. Termočláňkové snímače teploty

Termočláňkové teploměry jsou tvořeny články svařenými ze dvou rozdílných kovů nebo slitin. Tento typ senzoru je založen na Seebeckově jevu, tj. na jevu, při kterém dochází k převodu tepelné energie na elektrickou. Při zahřátí svařeného konce vzniká termoelektrické napětí, které je úměrné rozdílu teplot mezi svárem a srovnávacími konci termoelektrického článku. Termočláňkové snímače umožňují měřit v rozsahu od -200°C do 1800°C . Nejpoužívanějšími kovy a slitinami při výrobě termočláňků jsou:

- měď – konstantan Cu-Ko
- železo – konstantan Fe-Ko
- niklchrom – nikl NiCr-Ni
- platinarhodium – platina PtRh-Pt

3.1.4. Bezdotykové snímače teploty

V případě nemožnosti kontaktu teplotního snímače s měřeným médiem (např. pohybující se tkaniny, rotující válce atd.) se používají bezdotykové snímače teploty.

Podle interakce fotonů s materiálem senzoru dělíme senzory na tepelné a kvantové. U tepelných senzorů dochází při absorpci fotonů k oteplení citlivé části senzoru. Tato pohlcená energie se vyhodnocuje nepřímou přes senzory teploty. Nejčastěji se používají termočláňkové baterie (tj. sériově řazené termočláňky), bolometry (pole odporových snímačů teploty) a pyroelektrické senzory využívající pyroelektrický jev, tj. změnu spontánní polarizace při změně teploty.

Kvantové senzory využívají fyzikálních jevů vznikajících při přímé interakci dopadajících fotonů na strukturu senzoru. Nejčastěji používanou technologií jsou plošné senzory s CCD CMOS obvody.

3.2. Analyzátory pracovních lázní – chemické senzory

Analyzátory pracovních lázní se používají pro vyhodnocování fyzikálně-chemické látkové veličiny plynů a kapalin. Výstupem senzoru je elektrický signál obsahující informaci o chemickém složení analyzované látky. V následujících kapitolách je popis několika vybraných chemických senzorů používaných při zušlechťovacích procesech.

3.2.1. Senzory konduktivity

Tyto snímače jsou založeny na měření elektrolytické (iontové) vodivosti roztoků. Roztoky, které vedou elektrický proud se nazývají elektrolyty. Vodivost roztoků je podmíněna existencí iontů rozpouštěné látky nebo silných polárních vazeb a velké hodnoty permitivity rozpouštědla (např. voda). Pro elektrickou vodivost platí vztah

$$\gamma = c\Lambda \quad (3.3)$$

kde c je látková koncentrace elektrolytu a Λ je molární konduktivita elektrolytu.

Pro velmi zředěné roztoky platí

$$\Lambda = l^+ + l^- \quad (3.4)$$

pro koncentrované roztoky platí

$$\Lambda = (\Lambda_0 - B_l\Lambda_0 + B_0)\sqrt{c} \quad (3.5)$$

kde l^+ , l^- jsou pohyblivosti kationtů a aniontů, Λ_0 je hodnota extrapolovaná pro nulovou koncentraci, B_0 , B_l jsou konstanty závislé na teplotě, viskozitě a permitivitě rozpouštědla.

Pro často používané roztoky (např. NaCl, NaOH, H₂SO₄ atd.) jsou známy závislosti konduktivity na koncentraci elektrolytu.

Nejrozšířenějším typem senzorů vodivosti jsou elektrodové senzory vodivosti, které vyhodnocují vodivost měřením odporu roztoku mezi dvěma elektrodami. Elektrody mají tvar planární, válcový nebo tyčový. Nejčastěji se vyrábějí z platiny s vrstvou platinové černi, nerez oceli s vrstvou TiC nebo z grafitu.

3.2.2. Elektrochemické senzory

Principem této skupiny senzorů je dán chemickými reakcemi, které nastávají na určité elektrodě v daném elektrolytu. U elektrody dochází buď k přijímání nebo k odevzdávání elektronů. Na této reakci závisí výsledný potenciál elektrody, který lze vyhodnocovat metodou potenciometrie nebo amperometrie.

Potenciometrie je založena na měření potenciálu mezi měřicí a referenční elektrodou. Potenciál měřicí elektrody je dán Nernstovou rovnicí:

$$\varphi = \varphi_0 \pm \frac{RT}{nF} \ln a_i = \varphi_0 \pm \frac{2,303RT}{nF} \log a_i \quad (3.6)$$

kde φ je potenciál měřicí elektrody, φ_0 je standardní potenciál, R je plynová konstanta, n je oxidační číslo iontů, T je termodynamická teplota [K], F je Faradayova konstanta a a_i je aktivita iontů.

Měřicí a srovnávací elektroda vytvářejí při ponoření do elektrolytu elektrický článek, jehož napětí závisí na rozdílu potenciálů obou elektrod. Potenciometrické metody se dále dělí podle toho, zda se měří pH, redox potenciál nebo koncentrace iontů.

Potenciometrické měření pH se používá k analýze kyselosti nebo zásaditosti vody. Hodnota pH je dána v rozsahu od 0 do 14 vztahem

$$pH = -\log(f \cdot c_{H^+}) = -\log a_{H^+} \quad (3.7)$$

kde f je součinitel aktivity, c_{H^+} je látková koncentrace kationtů vodíku a a_{H^+} je aktivita kationtů vodíku.

Destilovaná voda má $pH=7$, roztoky s $pH > 7$ jsou zásadité, s $pH < 7$ jsou kyselé. V současné době se obě elektrody vyrábějí v jednom pouzdře.

Při *potenciometrickém měření redox potenciálu* podává redoxní potenciál informace o redukčním nebo oxidačním chování různých látek v roztocích. Je-li elektroda z inertního kovu (např. Pt) a v roztoku ionty tohoto kovu nejsou, může elektroda vykazovat potenciál daný aktivitou oxidačních nebo redukčních látek. Pro redoxní potenciál platí

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{Ox}}{a_{Red}} + \frac{m}{n} \ln a_{H^+} \quad (3.8)$$

kde n , m je počet přenášených elektronů a protonů, a_{Ox} je aktivita v oxidované formě a a_{Red} je aktivita v redukované formě.

Potenciometrie s tuhým elektrolytem se využívá u senzoru kyslíku. Na rozdíl od kapalných elektrolytů je u tuhých možný přenos buď kationtů nebo aniontů. Pro analýzu kyslíku se používá elektrolyt ZrO_2 . Umístíme-li elektrolyt mezi dvě Pt elektrody dochází k chemické reakci a lze změřit napětí, které je dáno rozdílem potenciálů elektrod. Pro napětí platí vztah

$$|U| = \frac{RT}{4F} \ln \frac{p_M}{p_S} \quad (3.9)$$

kde p_M, p_S je parciální tlak molekul kyslíku O_2 v měřeném a srovnávacím plynu.

Amperometrie je založena na měření proudu procházejícího mezi dvěma elektrodami, které jsou ponořeny do roztoku elektrolytu, přičemž je do měřícího obvodu připojen zdroj stejnosměrného napětí. Koncentrace odpovídá proudu jehož hodnota je dána vztahem

$$I_D = \frac{nFD_iS}{\delta} c_i \quad (3.10)$$

kde n je počet elektronů, který se zúčastní chemické reakce, D_i difúzní koeficient, S je plocha měřící elektrody a δ je tloušťka difúzní vrstvy.

Tento princip se používá pro analýzu roztoků i plynů.

3.3. Měření tlaku

V zušlechťovacích procesech jsou čidla tlaku využívána hlavně pro kontrolu tlaku z bezpečnostních důvodů. Pro účely řízení se tlak získává přepočtením teploty na tlak nebo použitím průmyslových manometrů, které jsou založeny na deformaci pružinových nebo membránových elementů a vyhodnocení této deformaci. Podle požadovaného měřícího rozsahu tlakového snímače se využívá různých konstrukčních forem (trubkové deformační prvky, ploché pružné elementy, kapalně elementy atd.), rozsah bývá od 100Pa do 8Mpa.

3.4. Měřicí systém ALMEMO

Jedná se o měřicí systém firmy Ahlborn, který se skládá z mikroprocesorem řízeného indikačního přístroje - datalogeru vysoké rozlišovací schopnosti a inteligentních ALMEMO konektorů se senzory (viz. obr. 3.1).

Vstupní ALMEMO konektory jsou vybaveny pamětí EEPROM. Tato programovatelná paměť umožňuje ukládání parametrů snímače, jako např. měřicí rozsah, napájení snímače, mezní hodnoty, individuální označení čidla apod. ALMEMO konektor lze naprogramovat pomocí klávesnice, terminálu či softwaru pro PC. K naprogramování parametrů snímače lze použít program AMR5, který je volně ke stažení na stránkách výrobce, a propojovací kabel, jenž pomocí rozhraní RS-232 umožňuje komunikaci datalogeru s PC. Paměť konektoru lze samozřejmě mnohonásobněkrát přepisovat.

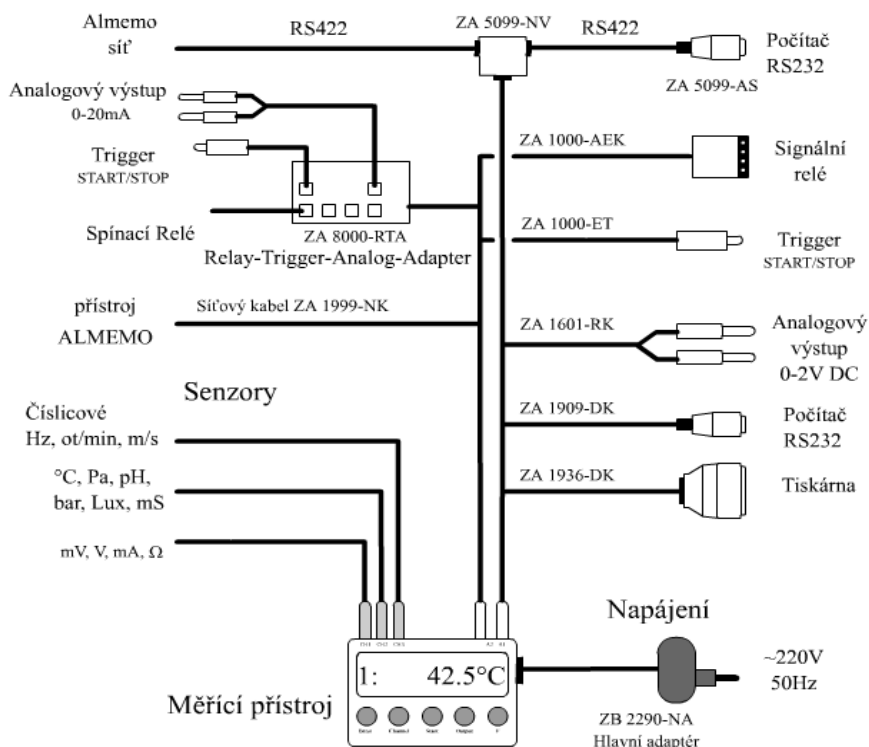


Obr. 3.1: ALMEMO konektor s EEPROM pamětí

Díky těmto programovatelným konektorům můžeme k libovolnému měřicímu vstupu měřicího přístroje ALMEMO připojit jakékoliv čidlo (i čidlo staršího provedení). Není tedy nutné pořizovat speciální čidla, stačí pouze připojit stávající čidlo k příslušnému konektoru a pokud je to potřeba snímač zkalibrovat. Po připojení tak nemusíme provádět přeprogramování přístroje, protože parametry si zobrazovací přístroj načte z paměti konektoru a automaticky nastaví potřebné funkce ihned po připojení snímače k měřicímu přístroji. Chyby čidla lze korigovat přímo v konektoru, a tak i jednoduchá čidla lze používat k velmi přesným měřením.

Všechny měřicí přístroje obsahují standartně paměť určenou k ukládání naměřených hodnot o velikost 520kB, což odpovídá 100 000 naměřených hodnot. V případě potřeby lze k ukládání naměřených dat použít paměťový konektor o kapacitě 260kB. Konfigurace této paměti může být lineární nebo kruhová. Z paměti můžeme selektivně číst údaje času, hodnot a mezních hodnot. Přepínání měřených míst se děje polovodičovými relé. Dotazy na měřená místa jsou individuálně programovatelná.

Naměřená data mohou být zobrazována na LCD displeji měřícího přístroje nebo je lze zároveň posílat, připojením příslušného kabelu se zabudovaným interface, na zapisovač, tiskárnu nebo počítač. Podle požadavku můžeme připojit rozdílné periferní jednotky jako např. analogový výstup, různé druhy sériových rozhraní (RS232, RS422, RS485, LWL, proudová smyčka, ...), Centronics, rádio, alarm, spouštěcí vstupy atd. Možnosti připojení periferních jednotek je názorně vidět na obr. 3.2. Druh výstupu a jeho parametry, jako výstupní cyklus, datum, čas, přenosová rychlost jsou rovněž uloženy v paměti kabelového konektoru.



Obr. 3.2: Možnosti připojení periferních jednotek k měřicímu přístroji ALMEMO

Všechny měřicí přístroje jsou adresovatelné a tím schopné napojení do sítě. Vestavěný dělič dovoluje jednoduché propojení síťovým kabelem až 100 přístrojů a shromažďování měřených hodnot jedním rozhraním výpočetního systému. Pro větší vzdálenosti jsou k dispozici napájecí a rozbočovací stupně RS422/485. Tento systém minimalizuje potřebu různých přístrojů a propojení a v neposlední řadě minimalizuje problémy zpracování na počítačích a umožňuje snadné rozšíření v případě potřeby.

Při realizaci měřicího systému byly k dispozici datalogery 3290-8 a 2290-8. Dataloger ve stolním provedení je na obr. 3.3 a přenosný typ je na obr. 3.4.



- 9 vstupů
- 2 analogovědigitální výstupy
- vyrovnávací paměť 130/520 kB zálohovaná baterií
- přesnost $\pm 0,03\%$ z měřené hodnoty, ± 2 digity (při 2,5 měření/vteřinu)

Obr. 3.3: Dataloger 3290-8



Tento typ přenosného datalogeru má stejné funkce jako výše uvedený typ 3290-8, liší se pouze menším počtem (5-ti) vstupů.

Obr. 3.4: Dataloger 2290-8

Podrobnější informace lze nalézt v [4], případně [5], odkud byly informace čerpány.

4. Návrhy měřicích systémů

V následujících kapitolách jsou navržena bloková schémata měřicích systémů několika zušlechťovacích procesů, včetně rozboru použitých snímačů. Popis jednotlivých zušlechťovacích procesů byl proveden s použitím literatury [2].

Při návrhu každého systému byl použit měřicí systém ALMEMO, popsany v předchozí kapitole 3.4.

4.1. Šlichtování a odšlichtování

4.1.1. Šlichtování

Cílem šlichtování je získat přízi lepších vlastností tak, aby se lépe zpracovávala na tkacích stavech, kde na ní působí různé statické a dynamické síly. Při tkaní totiž dochází k cyklickému protahování a uvolňování, odírání a ohýbání příze. Účinek namáhání by u neošlichtované příze vedl k jejímu velmi rychlému rozedření. Z tohoto důvodu je prvořadým cílem při šlichtování zpevnění povrchu příze.

Princip šlichtování spočívá v nanesení šlichty do mezer v přízy. Mezery v přízy jsou před šlichtováním vyplněny vzduchem, který brání pronikání šlichty. Ošlichtovaná příze má být elastická, pevná, ohebná, antistatická, maximálně uzavřená a na povrchu hladká.

K šlichtování lze použít různé druhy šlichtovacích látek. Jednou z hojně používaných skupin je škrob a jeho deriváty.

Škrob se skládá z 10-20% z amylozy a 80-90% z amylopektinu. Tyto dvě sloučeniny se liší chováním vůči enzymům a některými svými fyzikálními vlastnostmi. Amylóza nedává z horkou vodou maz a proto nemá pro textilní účely význam. Amylopektin je naopak velmi důležitou složkou škrobu, protože jeho spojením s horkou vodou získáme maz. Toto zmazovatění nastává rozmícháním škrobu ve vodě o teplotě 62-70°C. Takto připravená šlichta by byla příliš viskózní, proto se musí škrob částečně odbourat. Odbourávání škrobu se provádí zahřátím škrobového mazu nad teplotu 100°C nebo působením kyselin, zásad, oxidačních činidel či enzymatických preparátů.

4.1.2. Odšlichtování

Odšlichtování se používá k odstranění šlichtovacích látek, které byly předtím nanесeny na osnovu, z tkanin. Způsoby odšlichtování jsou různé podle druhu šlichtovacího činidla, které se má odstranit.

Používané způsoby můžeme rozdělit na:

- způsoby odstraňování šlichtovacích činidel na bázi škrobu (ve vodě nerozpustné šlichty),
- způsoby odstraňování ve vodě rozpustných šlicht a
- způsoby odstraňování ve vodě rozpustných i nerozpustných šlicht.

4.1.2.1. Odstraňování šlicht na bázi škrobu

Šlichty na bázi škrobu se obtížně odstraňují a k převedení na rozpustnou formu vyžadují, buď katalytický účinek enzymu (katalytický rozklad) nebo jiný chemický rozklad. K rozkladu dochází hlavně při enzymatickém nebo oxidačním odšlichtování.

4.1.2.2. Odstraňování škrobových šlicht pomocí enzymů

Enzymatické odšlichtování je nejrozšířeněji používanou metodou odstraňování škrobu. Tento způsob odšlichtování je hospodárnější a účinnější než při použití chemických činidel. Výhodou použití enzymů je, že se škrob rozkládá, aniž by byla poškozována celulózová vlákna.

Enzymy jsou složité organické látky a jejich účinek je závislý na:

- teplotě,
- pH,
- době působení,
- přítomností aktivátorů a
- ostatních složkách šlichty.

Teploty a hodnoty pH, při kterých se jednotlivé druhy enzymů používají jsou v tabulce 4.1.

Tabulka 4.1: Teploty a pH používané při procesech odšlichtování škrobových šlichtet

	Sladová diastáza	Pankreatická amyláza	Bakteriální amyláza
pH	5	6,8	6,3-6,5
Teplota	55°C	50-55°C	75-89°C

Při ochlazení se účinnost enzymů snižuje, ale opětovným zahřátím se enzymy zase aktivují. Zahřátím na vysokou teplotu a působením některých látek (kyseliny, zásady, antiseptické látky, soli kovů ...) se enzymy ničí.

Pro zintenzivnění působení enzymů lze použít aktivátory. Mezi nejčastěji používané aktivátory patří kuchyňská sůl, chlorid vápenatý, některé soli fosforu, halogenderiváty mastných kyselin a další.

4.1.2.3. Odstraňování ve vodě rozpustných šlichtet

K odstranění ve vodě rozpustných šlichtet je teoreticky třeba jen praní horkou vodou a uhličitánem sodným. Účinnost praní je však možno zvýšit:

- přidáním vhodných textilních pomocných přípravků (smáčedel) k odšlichtovacímu roztoku,
- dodržením přiměřené doby ponoření v odšlichtovacím roztoku (tak se zajistí maximální nasátí roztoku a čas k nabobtnání šlichty) a
- důkladným praním horkou vodou.

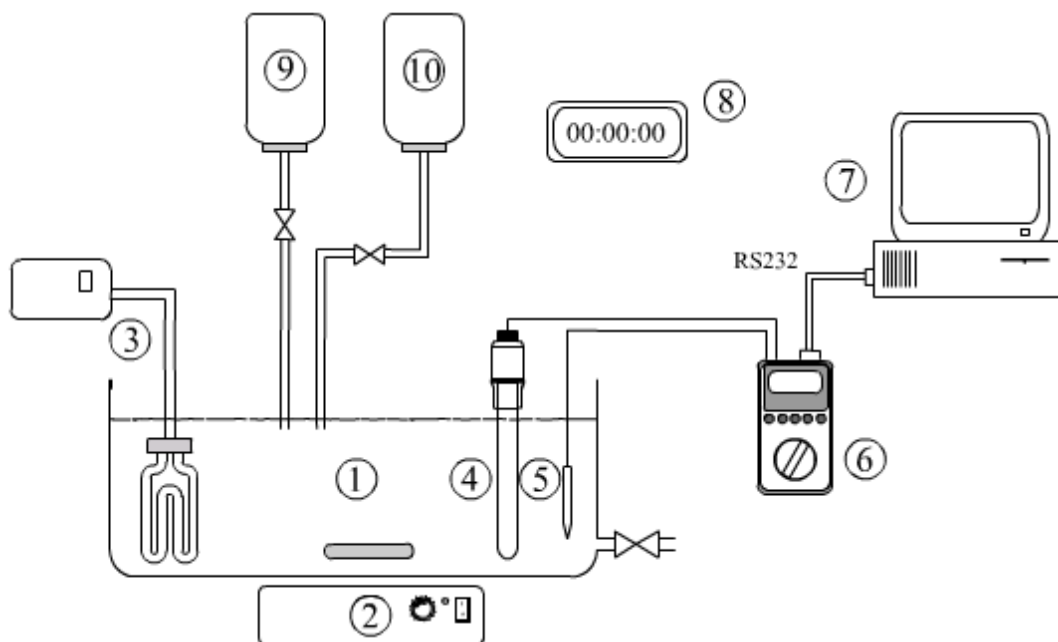
V takovém případě se proces provádí v běžných pračkách. Často se používají kontinuální pračky, doba zpracování však může být někdy pro úplné odšlichtování příliš krátká.

4.1.2.4. Odstraňování vodorozpustných i vodonerozpustných šlichtet

Oxidativní odšlichtování lze aplikovat nejen na ve vodě nerozpustné šlichty, ale i na vodorozpustné. Tato technika je zvláště vhodná pro zušlechťovny zpracovávající hodně rozdílných typů tkanin a tím i šlichtovacích činidel.

4.1.3. Měřicí systém odšlichtování

Na obr. 3.5 je blokové schéma měřicího systému pro zušlechťovací proces odšlichtování škrobových šlicht pomocí enzymatických přípravků. Tento způsob odšlichtování byl vybrán pro jeho nejčastější použití při odstraňování škrobových šlicht.



Obr. 3.5: Schéma měřicí úlohy odšlichtování škrobových šlicht pomocí enzymů
1-Odšlichtovací lázeň, 2-míchací zařízení, 3-zařízení pro ohřev lázně, 4-pH snímač, 5-snímač teploty, 6-měřicí přístroj ALMEMO, 7-počítač, 8-měření doby odšlichtování, 9-nádoba s vodou, 10-nádoba s aktivátory.

Teplota odšlichtovací lázně se pohybuje, podle druhu použitého enzymu, v rozmezí od 50-90°C. K měření teploty můžeme použít termočlánekový teplotní snímač typu J (FeKo), který umožňuje měření teploty v rozsahu od -200°C až do 750°C. Snímač teploty je připojen k měřicímu přístroji ALMEMO pomocí konektoru ZA 9000-FS.

Hodnotu pH odšlichtovací lázně lze měřit pH senzorem PHEX 112 SE od firmy ProMinent Dosiertechnik. Snímač pH je k přístroji ALMEMO připojen pomocí konektoru ZA 9610-AKY6. Tento senzor má měřicí rozsah 1 až 12 a je určen pro teplotní rozsah od 0°C do 100°C.

4.2. Mercerace

Mercerace je zušlechťovací proces, jímž u bavlněné tkaniny docílíme:

- zvýšení lesku,
- zvýšení pevnosti v tahu,
- příjemnějšího omaku textilie,
- zvýšení afinity k barvivům a
- zhoršení stálosti v oděru.

Mercerovat můžeme přízi nebo tkané a pletené textilie některým z těchto způsobů:

- mercerace za napětí,
- louhování (bez napětí) a
- mercerace kapalným amoniakem.

4.2.1. Mercerace za napětí

Principem mercerace je krátkodobé zpracování bavlny v chladném roztoku louhu sodného, o koncentraci 21-25% z hmoty materiálu.

Bavlněná vlákna se v louhu sodném zkracují až o 25%, proto se toto zkracování vyrovnává napínáním. Nejlepšího lesku dosáhneme při protahování o 5 a více procent nad původní délku bavlněného materiálu. S dalším vzrůstem napnutí klesá pevnost.

Doba, po kterou bude působit mercerační lázeň na textilií je závislá na druhu bavlny, ale zpravidla bývá 1–2 minuty. Tato doba by měla být co nejkratší, protože čím kratší dobu působí mercerační lázeň na textilní materiál, tím rovnoměrnější je výsledný efekt mercerace. Výsledný lesk závisí také na teplotě. Čím chladnější je mercerační lázeň, tím vyšší je výsledný lesk. V praxi se většinou pracuje při teplotě 10 až 18°C. Teplota by však nikdy neměla překročit hodnotu 20°C.

Při reakci mezi louhem a celulózou vzniká teplo, tzn. jedná se o exotermická reakci. Teplo, které vzniká při merceraci proto musíme odvádět vhodným chladicím zařízením. Při merceračním procesu dochází ke styku louhu se vzduchem a tím k pohlcování CO₂ a část hydroxidu sodného se mění v sodu, která se nepodílí na procesu mercerace. Složení mercerační lázně musíme proto kontrolovat a koncentraci hydroxidu sodného NaOH udržovat na původní hodnotě.

4.2.2. Louhování

Při louhování působíme hydroxidem sodným (NaOH) na bavlněná vlákna, která nejsou napínána. Nejvhodnější podmínky pro louhování jsou: koncentrace 145-190g/l, teplota 20-30°C a doba působení okolo dvou minut. Tímto způsobem mercerace se bavlněná vlákna stávají pružnými, objemnějšími a roztažnějšími.

Louhování se také používá jako účinné předúpravy k potlačení pruhovitosti vybarvení výrobků z bavlněných a viskóзовých vláken.

4.2.3. Mercerace kapalným amoniakem

Bavlněnou přízi a textilii je možné zpracovat bezvodým kapalným amoniakem. Tato metoda není příliš rozšířena a je alternativou k metodě mercerace louhem. Dosáhnou se účinky podobné mercerizaci, i když lesk je ve srovnání s mercerizací louhem horší. Stopy amoniaku se musí odstranit, nejlépe teplem za sucha a následujícím pářením.

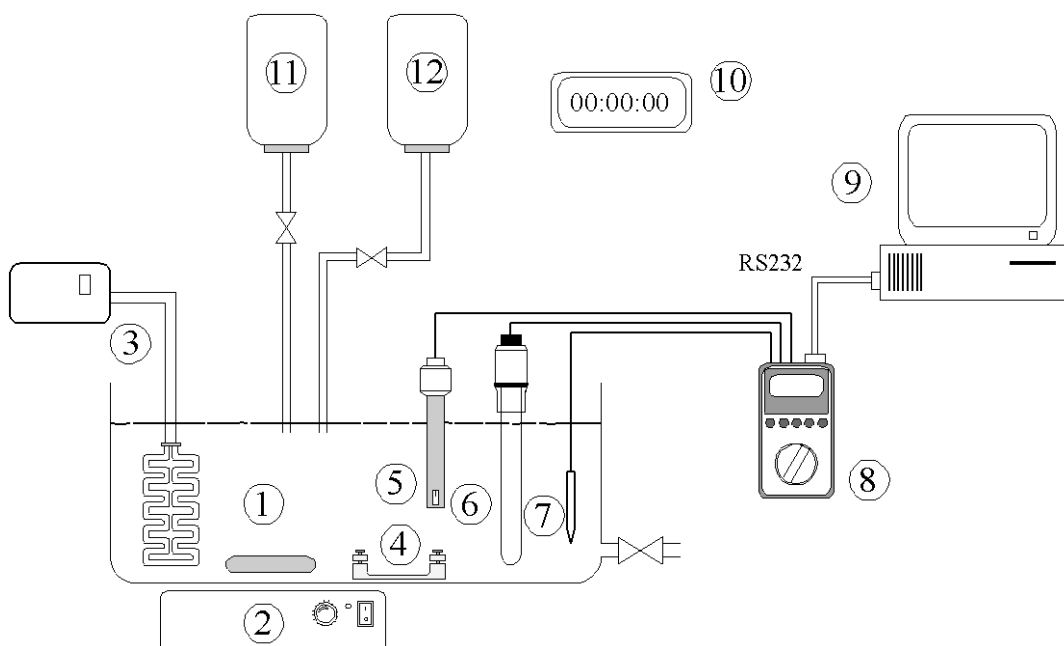
4.2.4. Měřicí systém mercerace

Z výše uvedených způsobů mercerace byla vybrána mercerace za napětí. Jak vyplývá z kapitoly 4.2.1. je nutné barvicí lázeň ochlazovat vhodným chladicím zařízením tak, aby se její teplota pohybovala v rozsahu 10°C až 20°C. Dále je nutné zajistit napínání textilie. Blokové schéma navrženého měřicího systému je na obr. 3.6.

K měření teploty je použit termočlánekový senzor teploty typu J (FeKo), připojený k měřicímu přístroji ALMEMO pomocí konektoru ZA 9000-FS. Takto připojený snímač měří teplotu s přesností na desetinu stupně.

Měření pH odšlichtovací lázně je zajištěno pH senzorem PHEK 112 SE od firmy ProMinent Dosieretechnik, který je připojen k měřicímu přístroji ALMEMO konektorem ZA 9610-AKY6. Tento senzor měří hodnotu pH od 1 do 12 a je určen pro měření v rozsahu teplot od 0°C do 60°C.

Koncentraci louhu sodného lze měřit ALMEMO snímačem vodivosti FY A641-LF.



Obr. 3.6: Blokové schéma procesu mercerace za napětí

1-Mercerační lázeň, 2-míchací zařízení, 3-chladicí zařízení 4-přípravek pro napínání textilie, 5-snímač vodivosti, 6-pH-čidlo, 7-snímač teploty, 8-měřicí přístroj ALMEMO, 9-počítač, 10-měření doby mercerace, 11-nádoba s vodou, 12-nádoba s roztokem louhu sodného (NaOH).

4.3. Bělení

Cílem bělení je dosažení dobré běli, která je nutná jak pro finální výrobek, tak i pro pozdější zpracování. Při bělení dochází k rozrušení přirozených barevných pigmentů vlákna a převedení těchto pigmentů do bělicí lázně. Pokud takto získáme textilií dobré běli, můžeme dosáhnout velmi kvalitních odstínů při procesu barvení. Proces bělení musí být maximálně šetrný k vláknům textilie. K bělení bavlny se používají následující chemikálie:

- chlornan sodný,
- chloritan sodný nebo
- peroxid vodíku.

Tyto chemikálie rozrušují přirozené barevné pigmenty vláken oxidačně a proto se bělení pomocí těchto chemikálií obecně nazývá oxidační bělení.

Pro návrh byly vybrány procesy bělení chloritanem sodným a peroxidem vodíku.

4.3.1. Bělení chloritanem sodným

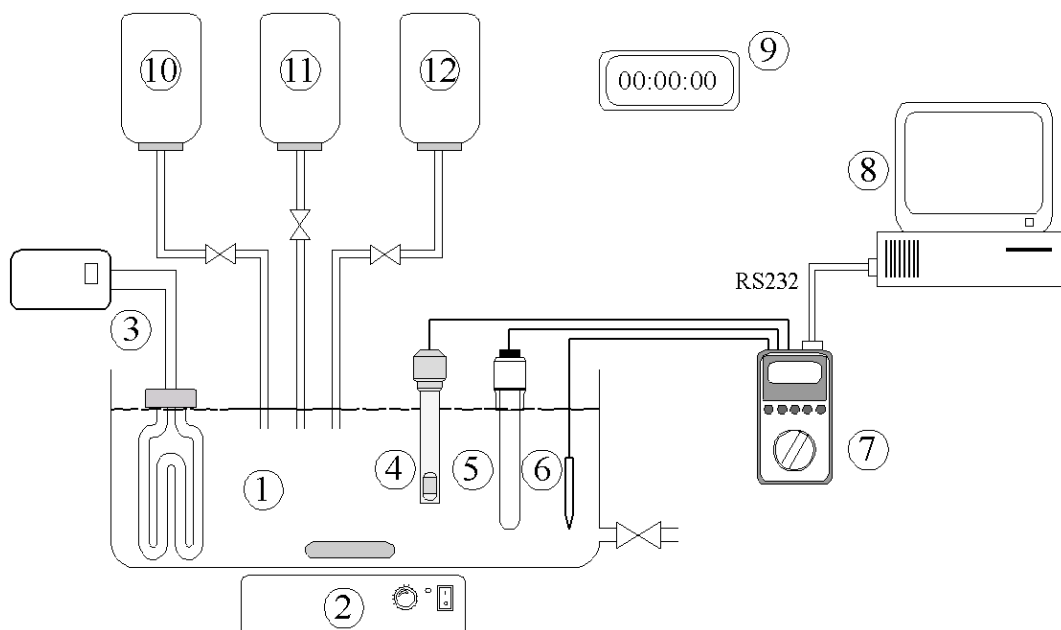
Chloritan sodný patří mezi velmi účinné a šetrné bělicí prostředky používané pro bělení syntetických vláken, bavlny, lnu a jiných celulózových vláken. Do bělicích lázní se přidává ve formě krystalického prášku s 80% koncentrací NaClO_2 . Jeho největší výhodou je, že ani při vyšších koncentracích nenapadá celulózu. Rozpuštěním chloritanu ve vodě dochází k hydrolyze a vzniká kyselina chloritá. Při rozkladu kyseliny chloryté se uvolňuje kyslík, jenž je ve skutečnosti bělicí látkou.

Chloritan sodný je při pokojové teplotě málo účinný, a proto je pro zvýšení rychlosti třeba pracovat za zvýšených teplot a v oblasti maximálních koncentrací kyseliny chloritě HClO_2 . Nejlepších výsledků se dosahuje při $\text{pH}=3-4,5$. Jako aktivátory se nejčastěji používají kyseliny (např. octová, mravenčí, fosforečná) nebo také organické estery, acetáty a amoniové soli, které navíc bělicí lázeň pufrují. Teplota při bělení chloritanem sodným se pohybuje okolo hodnoty 90°C a bělení trvá 2-3 hodiny. Můžeme bělit i za nižších teplot, ale musíme zvýšit koncentraci NaClO_2 v lázni. Bělení chloritanem sodným se pro svou rychlost a bezpečnost používá při kontinuální metodě bělení. Vyšší stupeň běli lze dosáhnout kombinovaným bělením chloritanem sodným a peroxidem vodíku.

4.3.2. Měřicí systém bělení chloritanem sodným

Návrh měřicí úlohy pro zušlechťovací proces bělení chloritanem sodným je na obr. 3.7. K měření hodnoty pH a teploty bělicí lázně jsou stejně jako u předchozího návrhu v kapitole 4.1.3. použity snímače PHEX 112 SE pro měření pH a termočlánekový senzor teploty FeKo.

Při tomto způsobu bělení je bělicí látkou kyslík, a proto je třeba obsah kyslíku měřit. K měření kyslíku obsaženého v bělicí lázni lze použít senzor FY A640-02, jehož rozsah je 0 až 40mg/l.

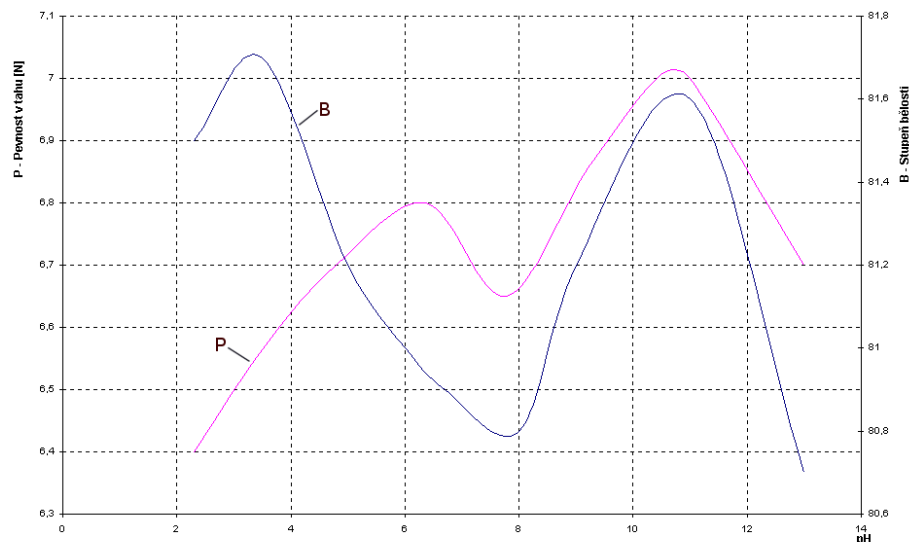


Obr. 3.7: Blokové schéma měřicí úlohy Bělení chloritanem sodným

1-Bělicí lázeň, 2-míchací zařízení, 3-zařízení pro ohřev bělicí lázně, 4-senzor kyslíku, 5-pH senzor, 6-snímač teploty, 7-měřicí přístroj ALMEMO, 8-počítač, 9-měření doby bělení, 10-nádoba s vodou, 11-nádoba s chloritanem sodným, 12-nádoba s aktivátory.

4.3.3. Bělení peroxidem vodíku

Při bělení peroxidem vodíku stupeň běli a poškození celulózových vláken závisí na hodnotě pH bělicí lázně, jak je patrné z obr. 3.8.



Obr. 3.8: Závislost pevnosti v tahu a stupně bělosti celulózových vláken na pH peroxidové bělicí lázně.

Při bělení dochází k rozkladu peroxidu vodíku na kyslík, který se ztrácí a navíc může poškodit celulózu. Tomuto procesu zabráňujeme přidáváním stabilizátoru, který zabráňuje rozkladu peroxidu vodíku na kyslík. Nejčastěji používaným stabilizátorem je křemičitan sodný, který získáme, pokud do bělicí lázně přidáme vodní sklo a hořečnatou sůl. Mezi další stabilizátory patří např. fosforečnany, thiomocovina apod.

V praxi se bělení peroxidem vodíku provádí při koncentraci 0,4–0,6% peroxidu vodíku. pH se následně upravuje na hodnotu 10 až 12 přidáním 0,5–0,8% hydroxidu sodného a bělicí lázeň se stabilizuje 3% vodního skla a 0,2% chloridu hořečnatého. Bělení trvá asi 1 hodinu při teplotě 90–100°C.

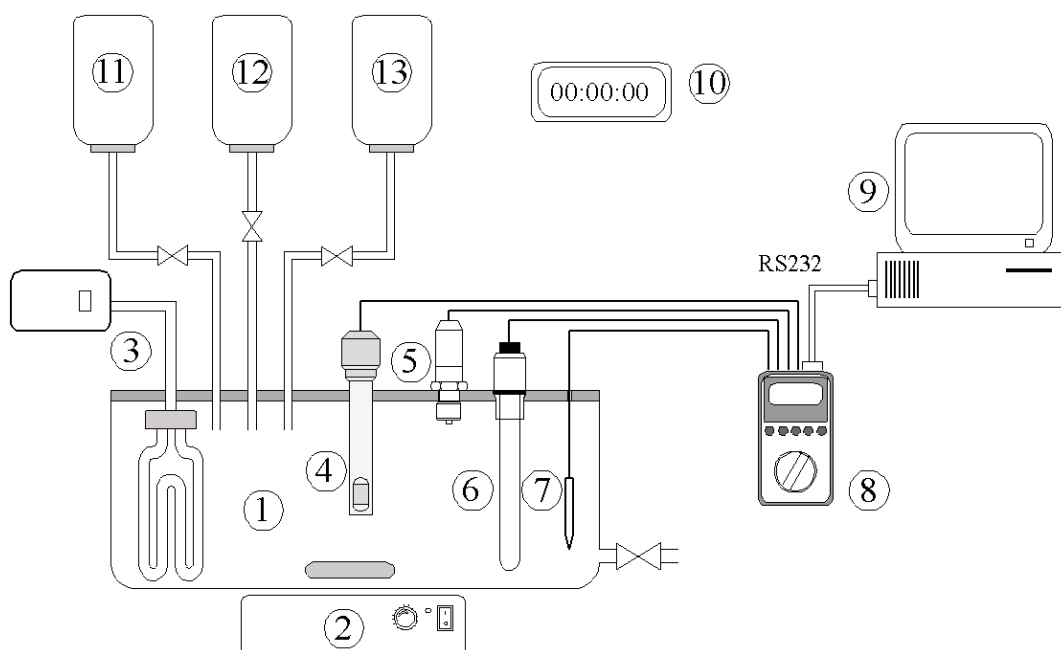
4.3.4. Měřicí systém bělení peroxidem vodíku

Pro tento zušlechťovací proces byl navržen uzavřený měřicí systém dle obr. 3.9. Snímač tlaku plní funkci bezpečnostního senzoru.

Pro tento účel může být použit ALMEMO senzor FD A612-L5A, který je určen pro měření tlaku v rozmezí 0 až 1Mpa. K měření teploty lze použít termočlánekový teplotní snímač FeKo, který umožňuje měření teploty v rozsahu od -200°C až do 750°C . Snímač teploty je připojen k měřicímu přístroji ALMEMO pomocí konektoru ZA 9000 FS.

Měření pH odšlichtovací lázně může být zajištěno použitím pH senzoru PHEX 112 SE od firmy ProMinent Dosierttechnik. Snímač pH je k přístroji ALMEMO připojen pomocí konektoru ZA 9610-AKY6. Tento senzor má měřicí rozsah 1 až 12 a je určen pro teplotní rozsah od 0°C do 100°C .

K měření kyslíku obsaženého v bělicí lázni lze použít ALMEMO senzor FY A640-02, jehož rozsah pro koncentraci kyslíku je 0 až 40mg/l.



Obr. 3.9: Blokové schéma měřicí úlohy Bělení peroxidem vodíku

1-Bělicí lázeň, 2-míchací zařízení, 3-zařízení pro ohřev bělicí lázně, 4-senzor kyslíku, 5-snímač tlaku, 6-pH senzor, 7-snímač teploty, 8-měřicí přístroj ALMEMO, 9-počítač, 10-měření doby bělení, 11-nádoba s vodou, 12-nádoba s peroxidem vodíku (H_2O_2), 13-nádoba se stabilizátory.

4.4. Barvení

Účelem barvení je dodat textilií požadovanou barvu určitých vlastností. Velmi důležitou skupinou barviv pro bavlněná vlákna jsou kypová barviva

4.4.1. Barvení kypovými barvivy

Mezi základní výhody barvení kypovými barvivy patří velmi široký výběr odstínů, dobré aplikační vlastnosti, mají vysokou barvicí schopnost a vynikající stálobarevnost. Pro tyto vlastnosti se tímto způsobem často barví textilie, které budou vystaveny náročným podmínkám praní a bělení (ručníky, pracovní a vojenské uniformy, atd.).

Průběh barvení kypovými barvivy můžeme rozdělit do několika kroků:

- převod barviva na ve vodě rozpustnou formu,
- absorpce leukosloučeniny na vlákno,
- oxidace leukosloučeniny a převedení na nerozpustnou formu a
- závěrečné zpracování (praní, oplachy...).

4.4.1.1. Kypování

Protože jsou všechna kypová barviva ve vodě nerozpustná musí se napřed převést tzv. kypováním na ve vodě rozpustnou, k celulóзовým vláknům afinní formu – leukosloučeninu kypového barviva. Barva leukosloučeniny je zpravidla odlišná od barvy původního nezkypovaného barviva. Ke kypování se používá louhu sodného a dithioničitanu sodného $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

Zkypování je možné provést třemi způsoby:

- přímo v barvicí lázni,
- v mateční kypě, při maximální koncentraci barviva nebo
- v mateční kypě se střední koncentrací barviva.

Při kypování s maximální koncentrací barviva se barvivo kypuje zvlášť a až zkypované se převádí do barvicí lázně. U kypování tímto způsobem musí být zajištěné naprosto přesné dávkování louhu i dithioničitanu a dále musí být dodržena teplota a doba kypování.

Pro rozpouštění barviva přímo v barvicí lázni, kde je podstatně snížena koncentrace louhu i dithioničitanu, jsou vhodná barviva v jemné disperzní formě. Rychlost barvení

je závislá na koncentraci, a proto způsobuje toto zředění prodloužení doby zkypování o 50 až 100% proti zkypování v mateční kypě.

Nedodržení optimálních podmínek kypování může mít za následek slabé vybarvení, změnu odstínu, snížení stálosti vybarvení apod.

4.4.1.2. Předredukce

Příliš nízká teplota kypování může vést k nedokonalému rozpuštění barviva a naopak, příliš vysoká teplota může způsobit předredukci až rozklad některých barviv. Předredukci může vyvolat i vysoká koncentrace dithioničitanu v barvicí lázni. Stálost kypy vůči předredukování lze zvýšit těmito přísadami:

- dextrinem v množství 6g/l (přidává se až po přidavku dithioničitanu sodného),
- dusitanem sodným, který je vhodnější než dextrin nebo
- taninem, který je účinný i za vyšších teplot.

4.4.1.3. Leukopotenciál

Leukopotenciálem lze charakterizovat oxidačně-redukční poměry při kypování. Potenciál redox systému se vyjadřuje Nernstovou rovnicí (3.8). Barvicí kypa je redukční soustava o určitém potenciálu. Redukční potenciál závisí hlavně na koncentraci dithioničitanu. Pokles redukčního potenciálu pod určitou mez vede k vypadnutí barviva z kypy (vyloučí se barevný pigment a kypa se zakalí).

Nejnižší redukční potenciál, při kterém se ještě lukosloučenina udrží v roztoku, se nazývá leukopotenciál barviva. Jeho hodnota závisí na teplotě, koncentraci louhu, tedy na pH a na druhu použitého kypového barviva.

4.4.1.4. Oxidace

Po odstranění přebytku louhu a dithioničitanu se leukosloučenina kypového barviva převede oxidací z rozpustné formy na formu nerozpustnou. Při vypírání louhu a dithioničitanu po barvení dochází k nerovnoměrnému seprání části barviva, proto se u hůře oxidovatelných barviv louh a dithioničitan z textilie pouze odždíme nebo odsaje, a pak oxiduje vzduchem nebo vhodnou oxidační přísadou. Po dokonalé oxidaci se

zbytky louhu odstraní zpracováním v lázni s kyselinou octovou nebo hydrogenuhličitanem sodným.

Pro urychlení oxidace se používá různých oxidovatel, z kterých je nutno vybrat nejvhodnější kombinaci pro daná barviva. Jsou to např.: peroxid vodíku, perboritan sodný, aktivní chlór nebo chloritan sodný.

4.4.1.5. Rozdělení kypových barviv podle způsobu aplikace

Každé kypové barvivo se podle svého chemického složení chová jinak a zcela specificky při procesu kypování, barvení a oxidaci. Proto není možné pro všechna barviva používat jednotného postupu. Z těchto důvodů jsou kypová barviva rozdělena podle svých aplikačních vlastností do několika skupin, aby se při barvení dosáhlo optimálního výsledku.

Podle optimální teploty barvení, dávek elektrolytu a louhu sodného se rozeznávají tři technologické skupiny kypových barviv, které odpovídají třem rozdílným aplikačním postupům.

Způsob M1:

Barviva této skupiny vyžadují vysokou koncentraci louhu sodného (matečná kypa). Barví se při teplotě 50-65°C bez přídavku soli.

Způsob M2:

Podle tohoto postupu se aplikují barviva při střední koncentraci louhu sodného v lázni. Barví se při teplotě 45-60°C s přísadou soli.

Způsob M3:

Podle postupu M3 se aplikují barviva při nízké koncentraci louhu sodného v lázni. Barví se při teplotě 20-35°C s přísadou soli, jež napomáhá vyčerpání barviva z lázně.

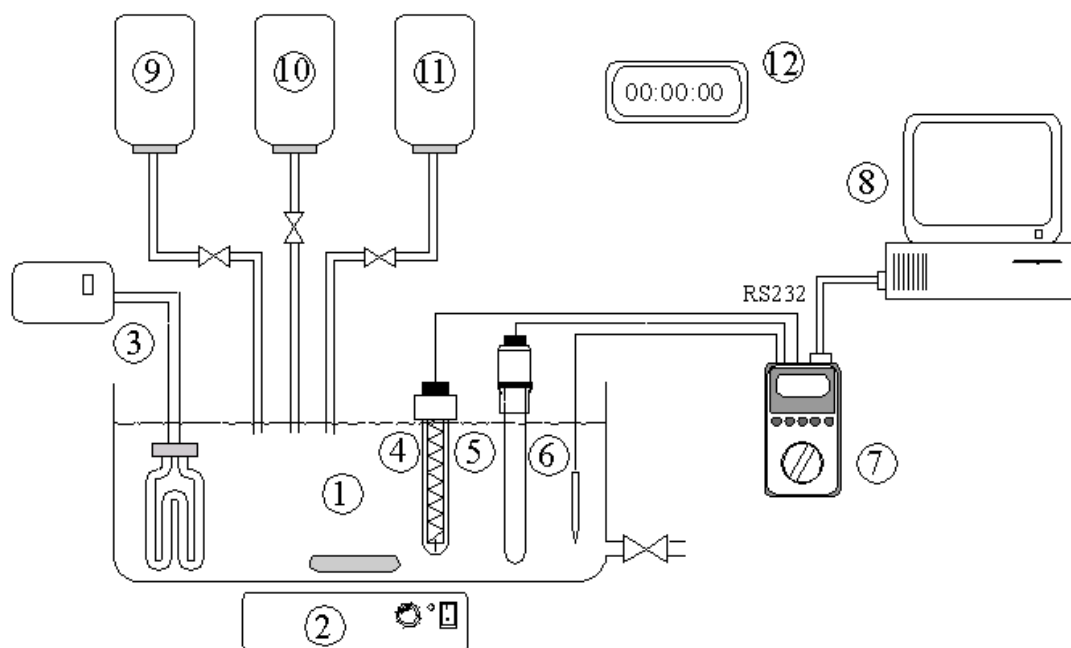
4.4.2. Měřicí systém barvení kypovými barvivy

Blokové schéma měřicího systému pro zušlechťovací proces barvení kypovými barvivy je na obr. 3.10.

Teplota barvicí lázně se podle způsobu barvení pohybuje od 20°C do 60°C. K měření teploty můžeme použít termočlánekový teplotní snímač typu J (FeKo). Snímač teploty je připojen k měřicímu přístroji ALMEMO pomocí konektoru ZA 9000-FS.

Hodnotu pH barvicí lázně lze měřit pH senzorem PHEK 112 SE od firmy ProMinent Dosiertechnik. Snímač pH je k přístroji ALMEMO připojen pomocí konektoru ZA 9610-AKY6. Tento senzor měří pH v rozsahu od 1 do 12 a je určen pro pracovní teploty od 0°C do 60°C.

Pro měření redox potenciálu lze použít snímač SenTix ORP 103648 od firmy WTW, určený pro pracovní teploty od 0°C do 100°C. Snímač lze připojit k měřicímu přístroji přes ALMEMO konektor ZA 9610-AKY5.



Obr. 3.10: Blokové schéma měřicí úlohy barvení kypovými barvivy

1-Bělicí lázeň, 2-míchací zařízení, 3-zařízení pro ohřev barvicí lázně, 4-snímač redox potenciálu, 5-pH senzor, 6-snímač teploty, 7-měřicí přístroj ALMEMO, 8-počítač, 9-nádržka s vodou, 10-nádržka s louhem sodným 11-nádržka s roztokem dithioničitanu sodného, 12-měření doby barvení.

5. Realizace měřicího systému

Z měřících systémů navržených v předchozích kapitolách byl k realizaci vybrán měřící systém pro zušlechťovací proces barvení kypovými barvivy. Jak vyplývá z blokového schématu, je při realizaci tohoto měřicího systému popsáno v kapitole 4.2.2 potřeba :

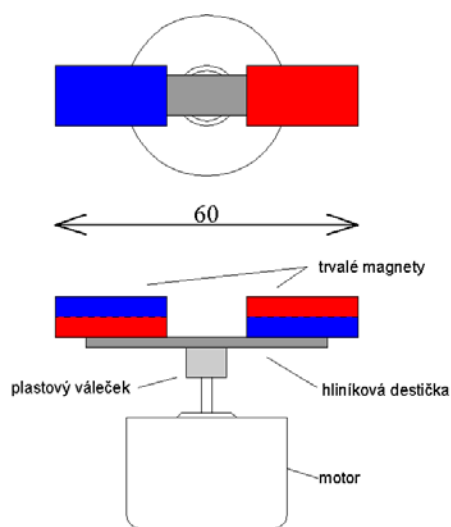
- sestavit míchací zařízení a zařízení pro ohřev barvicí lázně včetně jejich regulace,
- podle velikosti topného tělesa, míchadla a použitých snímačů navrhnout a vyrobit nádobu barvicí lázně,
- sestavit panel na němž bude umístěna barvicí lázeň, míchací zařízení a zařízení pro ohřev lázně a ke kterému budou připevněny nádoby s přísadami
- a na závěr vytvořit aplikaci zajišťující načítání, vizualizaci a ukládání dat načtených přes sériové rozhraní RS232 z měřicího přístroje ALMEMO.

5.1. Míchací zařízení

Existuje řada míchacích zařízení pracujících na různých principech. Pro náš případ je nejvýhodnější použít magnetické míchací zařízení. Magnetické míchací zařízení se skládá z magnetické míchačky a magnetického míchadla. Magnetické míchadlo je vlastně kousek trvalého magnetu, který je umístěn v tekutině, kterou chceme míchat. Míchadlo může mít různé tvary v závislosti na použití, nejčastěji používaným tvarem je válec. V našem případě je použito válcového magnetického míchadla, jehož délka je 4cm. Magnetická míchačka je rovněž tvořena trvalým magnetem, který je poháněn vhodným pohonem tak, aby trvalý magnet rotoval kolem své osy a vytvářel tak rotující magnetické pole. Míchadlo, které se nachází v pracovní lázni bude rotovat rychlostí, která je shodná s rychlostí otáčení magnetu magnetické míchačky.

5.1.1. Sestavení pohonu magnetické míchačky

Pohon magnetické míchačky jehož návrh je na obr. 5.1 se skládá z motoru a z části s magnety. Dva trvalé magnety jsou přilepeny dvousložkovým lepidlem ke vzdáleným stranám hliníkové destičky. Magnety jsou vůči sobě otočeny tak, aby jedna strana

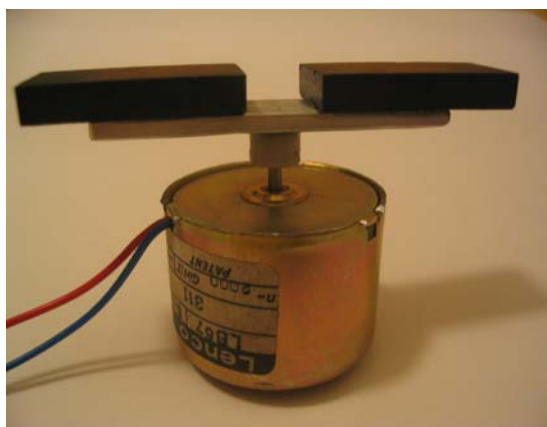


tvořila jižní a druhá severní pól a celek tak simuloval jeden velký magnet. Hliníková destička s magnety je k motorku připevněna pomocí plastového válečku, ke kterému je přilepena, a ten je nasunut na hřídel motorku.

Volba magnetů je velmi důležitá, protože na jejich síle závisí dosah magnetické míchačky. V našem případě byly použity magnety o rozměrech 28x15x5mm.

Obr. 5.1: Návrh pro sestavení pohonu magnetické míchačky

Sestavený pohon magnetické míchačky je na obr. 5.2. S takto sestaveným pohonem lze použít magnetická míchadla s délkou od 1cm do 6cm.



Obr. 5.2: Pohon magnetické míchačky s magnety

K pohonu magnetického míchadla je použito stejnosměrného motorku Lenco LB67, jehož jmenovité hodnoty jsou:

- napájecí napětí $U_{\text{nap}}=5-7\text{V}$,
- jmenovité otáčky $n=2000\text{ot/min}$.

5.1.2. Stejnosměrný motor

V této kapitole jsou popsány základní vlastnosti a vztahy pro stejnosměrný motor. Stejnosměrný motor je točivý elektrický stroj u něhož se přivádí stejnosměrný elektrický proud na komutátor i do vinutí statoru. Charakteristickou vlastností stejnosměrných strojů je, že motor odebírá z elektrické sítě pouze proud potřebný ke krytí mechanického zatížení. Jestliže je ke kotvě stejnosměrného motoru připojeno napětí U , potom pro obvod kotvy platí vztah

$$U = U_i + R_a \cdot I, \quad (5.1)$$

kde R_a je ohmický odpor kotvy motoru, I_a je proud v obvodu kotvy a U_i je indukovaná protielektromotorická síla na kotvě motoru.

Pro elektrické motory platí pro ustálený stav

$$U_i = c \cdot \phi \cdot n \quad (5.2)$$

a

$$M = c \cdot \phi \cdot I, \quad (5.3)$$

kde ϕ je budicí magnetický tok, M je moment motoru, n jsou otáčky rotoru a c je konstanta.

Dosadíme-li rovnici (5.2) do rovnice (5.1), dostaneme

$$U = R_a I + c \cdot \phi \cdot n \quad (5.4)$$

$$n = \frac{U}{c \cdot \phi} - \frac{R_a I}{c \cdot \phi} = \frac{U}{c \cdot \phi} - \frac{R_a}{(c \cdot \phi)^2} \cdot M \quad (5.5)$$

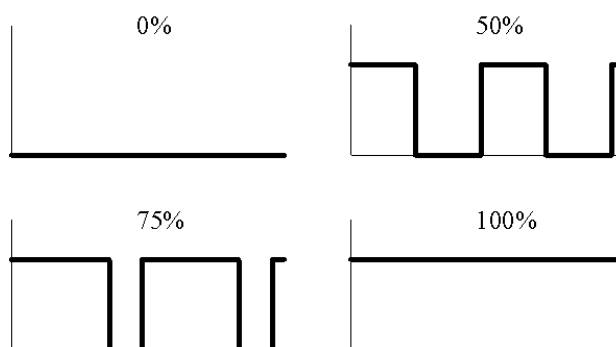
Rovnice (5.5) definuje mechanickou charakteristiku stejnosměrného motoru s cizím buzením. Je zřejmé, že tato charakteristika vyjadřuje lineární závislost otáček na momentu motoru, čímž z ní vyplývají možnosti regulace otáček motoru. Výhodné je regulovat otáčky napětím připojeným ke kotvě, neboť i zde je závislost lineární.

Plynulá změna napětí na motoru však není vhodná z energetického hlediska, neboť na proměnném rezistoru zapojeném do série s kotvou motoru dochází ke značným ztrátám, které závisí na úbytku napětí a proudu procházejícího rezistorem.

Změnu napětí lze také realizovat rychlou změnou plného napětí na motoru. Motor jako setrvačný stroj nestačí tuto rychlou změnu sledovat a jeho otáčky budou úměrné střední hodnotě protékaného proudu. Tento způsob regulace otáček lze realizovat pulsně šířkovou modulací (PWM - Pulse Width Modulation), která je podrobněji rozebrána v následující kapitole.

5.1.3. Pulsně šířková modulace

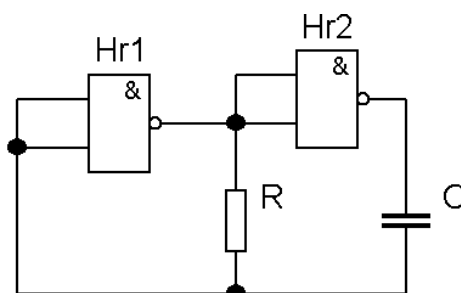
Jedná se o jednoduchou a rozšířenou metodou bezztrátové regulace výkonu, jejíž princip spočívá v periodickém spínání napětí s danou střídou (poměrem času, kdy je napětí zapnuto a vypnuto). Motor se chová jako dolní propust a filtruje přicházející pulsy na jejich střední hodnotu. Tímto způsobem je tedy možné řídit otáčky motoru téměř beze ztrát.



Obr. 5.3: Průběh signálu při různé střídě

Na obrázku můžeme názorně vidět jak vypadá přidělení výkonu 0 % (vypnuto), 50, 75% (spínáno) a 100 % (stále sepnuto).

Návrh obvodu pro pulsně šířkovou modulaci vycházel z astabilního klopného obvodu, který je tvořen dvěma hradly NAND zapojenými jako invertory (viz. obr. 5.4).



Obr. 5.4: Astabilní klopný obvod

V následujícím odstavci je popsána funkce tohoto astabilního klopného obvodu. Vyjdeme ze situace, kdy se na výstupu druhého hradla (Hr2) právě objevila logická nula. Tento pokles napětí se okamžitě přenesе kondenzátorem C na vstupy prvního hradla (Hr1). Tím se změní jeho výstupní úroveň na logickou jedničku. Následuje časový úsek, po který nenastává žádná změna. V této době se nabíjí kondenzátor C přes rezistor R. Jedním vývodem je kondenzátor připojen k nulovému potenciálu na výstupu

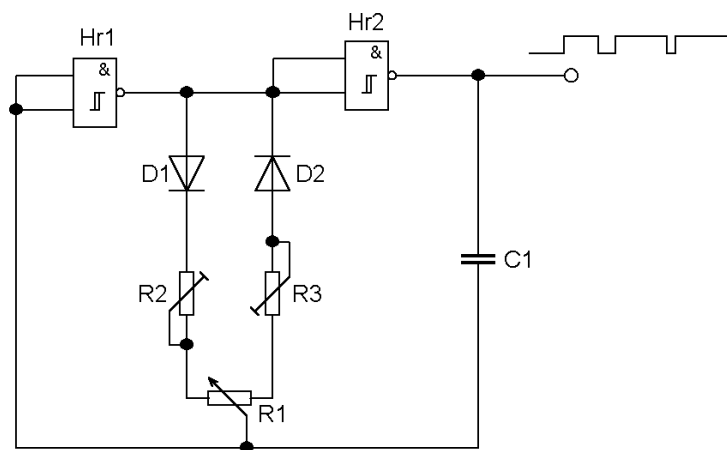
hradla Hr2, zatímco druhým vývodem ke vstupu hradla Hr1. Když rostoucí napětí na kondenzátoru dosáhne hodnoty alespoň 1,4V nebo o málo vyšší, hradlo Hr1 na vstupní úroveň logické 1 reaguje překlopením, tedy změnou stavu výstupu. Druhé hradlo musí ovšem změnit stav výstupu na logickou 0. Klopný obvod se překlopil.

V následujícím časovém úseku se kondenzátor vybíjí přes rezistor R, který je nyní připojen k nulovému potenciálu na výstupu Hr1. Až napětí na vstupu prvního hradla klesne pod 1,4V, přejde výstup do stavu logické 1 a následkem toho se výstup druhého hradla uvede do stavu logické 0. Klopný obvod se znovu překlopí a tento cyklus se bude stále opakovat.

Frekvence výstupního obdélníkového signálu je dána hodnotou rezistoru a kondenzátoru a platí pro ní vztah

$$f = \frac{1}{3RC} \quad (5.6)$$

Ze vztahu (5.6) vyplývá, že změnou hodnot R a C lze měnit pouze frekvenci obdélníkového signálu. Aby bylo možno měnit střidu tohoto signálu je astabilní klopný obvod rozšířen o dvě usměrňovací diody a rezistor R byl nahrazen potenciometrem R1 a odporovými trimry R2 a R3 (viz. obr. 5.5). Větev s diodou a trimrem umožňuje nastavit dobu potřebnou k nabití kondenzátoru a tím pádem čas potřebný k překlopení logické úrovně.

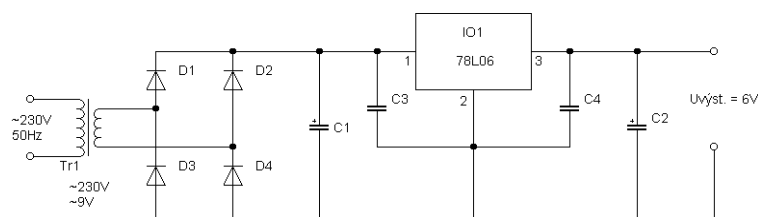


Obr. 5.5: Schéma obvodu pulsně šířkové modulace

Odporovým trimrem R2 lze nastavit maximální střidu signálu a trimrem R3 její minimum. Potenciometr R1 slouží ke změně střidy obdélníkového signálu v rozsahu nastaveném oběma trimry a tím pádem k regulaci otáček v daném rozmezí.

5.1.4. Napájecí část

Protože magnetická míchačka bude připojena k síťovému napětí musí být zajištěna úprava síťového napětí. Pro napájení stejnosměrného motorku bylo zvoleno napájecí napětí 6V. Odběr motorku s připevněnými magnety je 55mA. Z těchto údajů musíme vycházet při návrhu napájecí části, jak pro motorek tak i pro napájení části sloužící k regulaci otáček motorku.

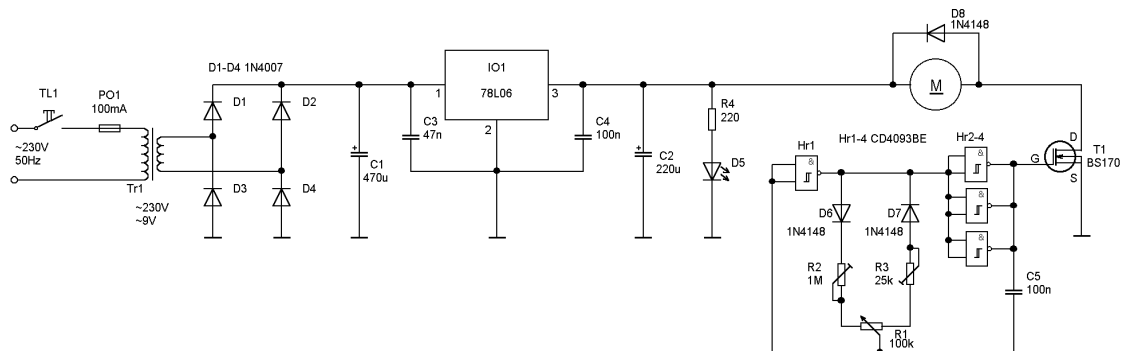


Obr. 5.6: Schéma zapojení napájecí části

Jako zdroj napětí je použit stabilizátor L7806 na jehož výstupu je stabilní napětí 6V. K správné funkci stabilizátoru je třeba, aby na jeho vstupu bylo připojeno napětí alespoň o jeden až dva volty vyšší. Toto je zajištěno transformátorem na jehož výstupu je střídavé napětí 9V, které je nutno dále usměrnit. K usměrnění je použit dvoucestný můstkový usměrňovač tvořený diodami D₁ až D₄. Elektrické schéma napájecí části je na obr. 5.6. Kondenzátory C₃ a C₄ jsou blokovací a C₁ a C₂ slouží k vyhlazení napětí po usměrnění a na výstupu stabilizátoru.

5.1.5. Sestavení magnetické míchačky

Propojením napájecí části s generátorem obdélníkového signálu s proměnnou střídou a přidáním dalších součástek a obvodů dostaneme celkové elektrické schéma magnetické míchačky, které je na obr. 5.7. Popis jednotlivých obslužných částí je rozebrán v následujícím textu.



Obr. 5.7: Celkové schéma zapojení magnetické míchačky

Ke spínání stejnosměrného motorku obdélníkovým signálem modulovaným pulsně šířkovou modulací slouží tranzistor T1. Jedná se o MOSFET tranzistor BS170 se zabudovaným kanálem typu N, kterým v sepnutém stavu může trvale protékat proud 500mA. Tento tranzistor sepne pokud je na jeho vstup G přivedeno napětí $U_{GS} > 0V$.

Použitý integrovaný obvod CD4093BE je čtveřice dvouvstupových hradel NAND na jejichž vstupech je vestavěn Schmittův klopný obvod, který zvyšuje šumovou imunitu obvodu, zajišťuje poměrně velkou hysterezi přechodu z log.0 do log.1 a naopak. Díky těmto vlastnostem se používá k sestavování robustních oscilátorů.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.1.1. stejnosměrný motorek má jmenovité otáčky $n=2000 \text{ ot/min}$. Pro chod magnetické míchačky je tato hodnota otáček příliš vysoká a proto je omezena maximální hodnotou střídý. Toto omezení zajišťuje trimr R2 jehož velikost je $1M\Omega$. Otáčky jsou nastaveny přibližně na 600 ot/min což odpovídá střídě 30%. Trimr R3 je nastaven tak, aby se otáčky měnily hned na začátku regulačního rozsahu potenciometru R1.

Dioda D6 je zapojena jako ochranná dioda, která chrání polovodičové součástky před záporným napětím. Motor se totiž chová jako indukční zátěž, takže při rozepnutí se na jeho svorkách indukuje napětí, které by mohlo polovodičové součástky poškodit.

Na čelním panelu míchacího zařízení obr. 5.8 je umístěno tlačítko TL1, kterým se zařízení uvádí do chodu, potenciometr regulující otáčky míchadla a indikační LED dioda.

LED dioda D5 indikuje zapnutí magnetické míchačky, respektive správnou funkci její napájecí části. Hodnota rezistoru zapojeného do série s diodou D5 je vypočtena podle vztahu:

$$R = \frac{U - U_D}{I_D} = \frac{6 - 1,65}{20 \cdot 10^{-3}} \doteq 220\Omega \quad (5.7)$$

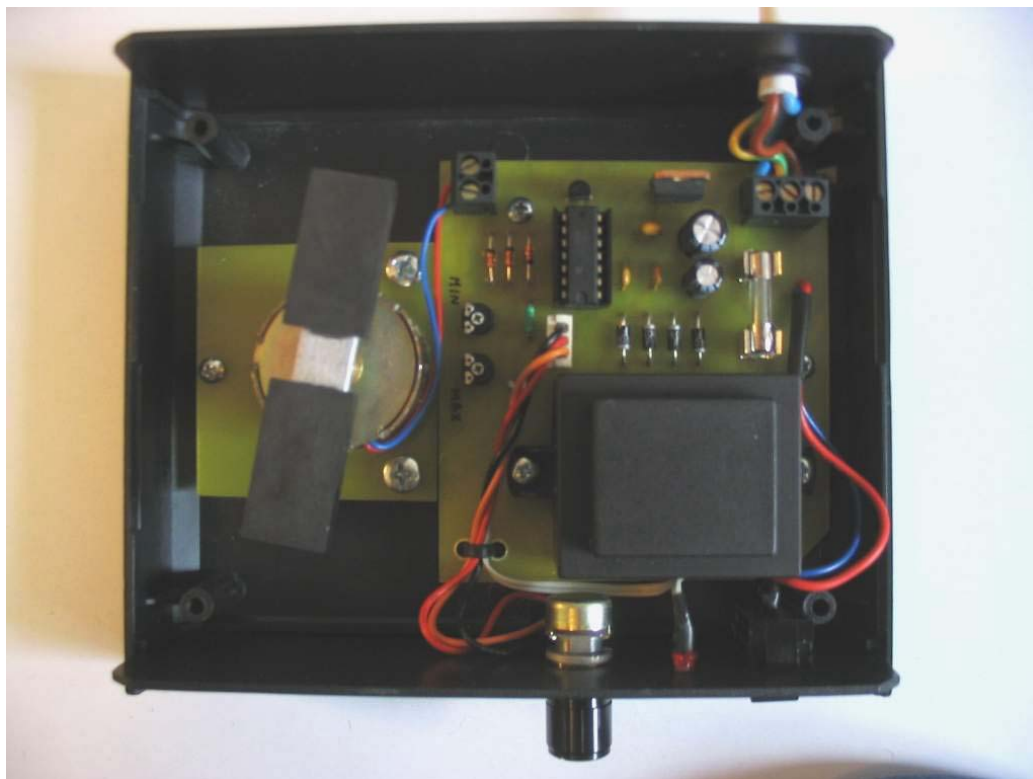
kde U je napájecí napětí, U_D je úbytek napětí na diodě a I_D je proud protékající diodou.



Obr. 5.8: Přední panel magnetické míchačky

Celkový odběr míchacího zařízení se pohybuje okolo 20mA což odpovídá příkonu 5W.

Pohon i elektrická část magnetické míchačky je zasazena do plastové krabičky o rozměrech 150x130x50mm. Umístění osázené desky plošných spojů a pohonu míchacího zařízení v krabičce je zobrazeno na obr. 5.9.



Obr. 5.9: Sestavená magnetická míchačka

5.2. Topné zařízení

Základní funkcí topného zařízení je ohřev barvicí lázně. Topné zařízení se skládá z topného tělesa a regulátoru výkonu topného tělesa. Jedním z kritérií pro výběr topného tělesa byli jeho rozměry. Je důležité, aby rozměry použitého topného tělesa byli co nejmenší a tak nebyla potřeba vytvořit příliš velkou nádobu pro barvicí lázeň.

Jako topné těleso byl použit cestovní ponorný ohříváč ETA 0192 (viz. obr. 5.10), který je určen pro síťové napětí 230V a jehož příkon je 500W.



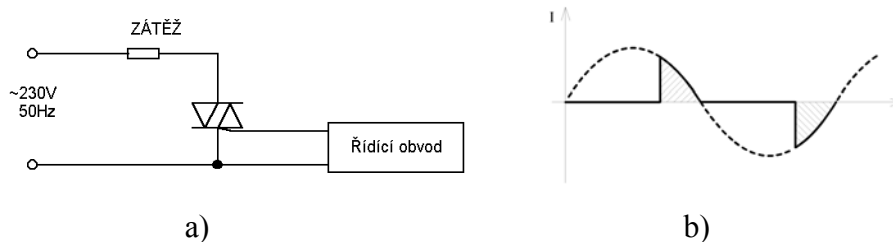
Obr. 5.10: Topné tělísko ponorného ohříváče

Výkon topného tělesa je, v závislosti na průběhu zušlechťovacího procesu barvení, třeba plynule měnit. V následující kapitole je popsána jedna z možností regulace výkonu.

5.2.1. Regulace výkonu topného zařízení

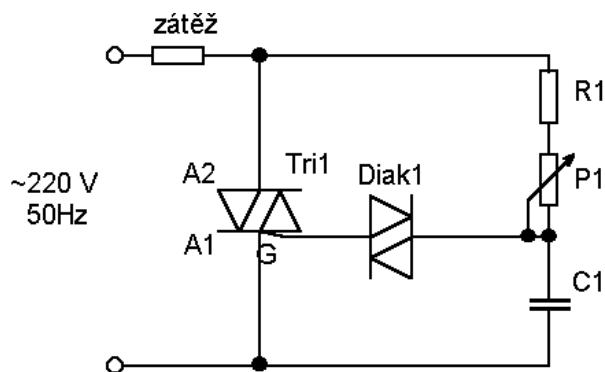
Výkon topného tělesa lze téměř bezztrátově řídit elektronickými spínači mezi které patří tyristory a triaky. Tyto součástky obsahují polovodičové přechody, které lze prostřednictvím řídicí elektrody převést v určitém čase z nevodivého do vodivého stavu. Tento vodivý stav samovolně zaniká, klesne-li proud, který součástkou protéká pod určitou hodnotu. Z toho plyne, že vodivý stav zaniká vždy při průchodu střídavého proudu hodnotou blízkou nule.

Tyristor je vnitřní strukturou jednodušší a proto umožňuje spínat proud a řídit tak výkon jen v jedné půlce střídavého napětí. Efektivnějšího řízení lze dosáhnout ovládáním obou půlvek, což umožňuje právě triak. Jeho schématická značka a zapojení v obvodu se zátěží je na obr. 5.11a. Idealizovaný průběh proudu, protékajícího zátěží, je na obr. 5.11b.



Obr. 5.11: Obvod s triakem

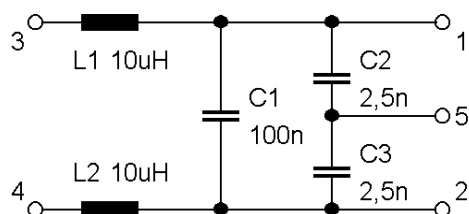
Úkolem je vytvořit řídicí obvod triakového regulátoru jehož, základní schéma je na obr. 5.12. Regulátor pracuje jako fázově řízený spínač. Úhel otevření reguluje potenciometr P1, podle kterého se mění doba nabití kondenzátoru C1 na napětí, při kterém se překročí práh diaku a část energie nahromaděné v kondenzátoru se vybije do řídicí elektrody triaku, který sepne.



Obr. 5.12: Základní zapojení triakového regulátoru

5.2.2. Sestavení topného zařízení

Při spínání triaku dochází ke vzniku vysokofrekvenčních rušivých složek, které zasahují až do kmitočtů desítek Mhz. Toto rušení by mohlo ohrozit funkci regulátoru a

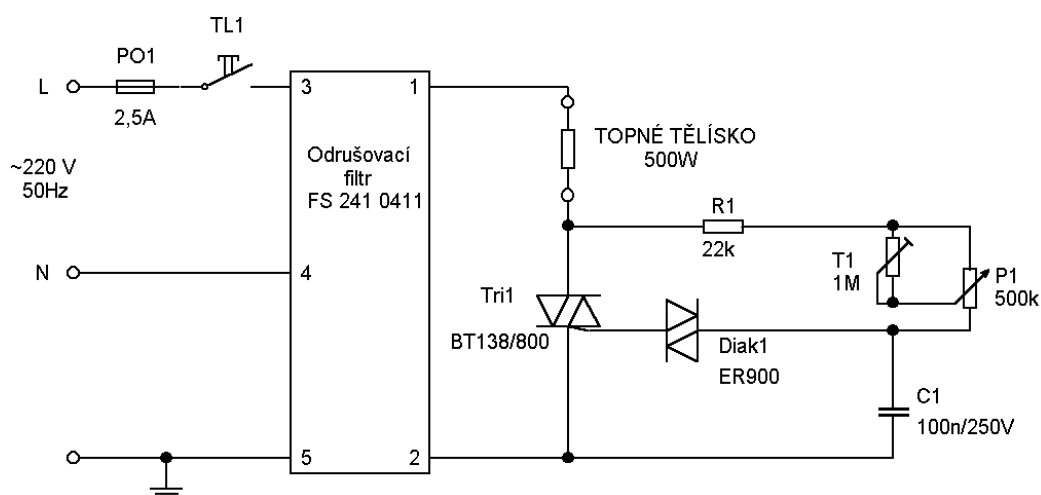


rušit například příjem rozhlasových přijímačů, proto je nutné do obvodu zařadit odrušovací filtr. V našem případě byl použit odrušovací filtr FS 241 0411 od firmy Filtana určený pro maximální proud 2,5A. Vnitřní zapojení tohoto filtru je na obr. 5.13.

Obr. 5.13: Vnitřní zapojení
odrušovacího filtru FS 241 0411

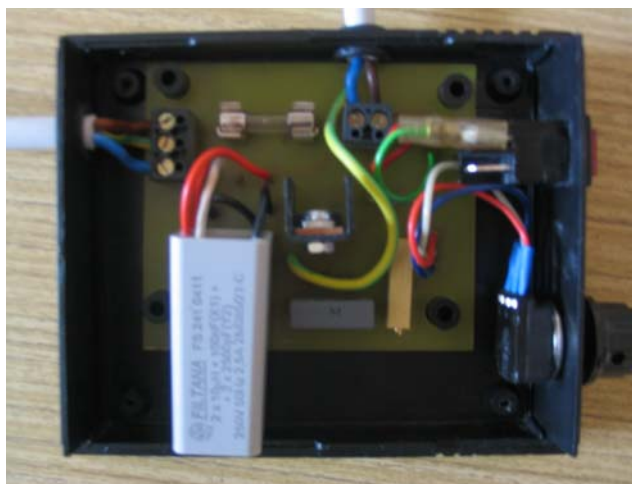
Na obr. 5.14 je celkové elektrické schéma topného zařízení. Jelikož příkon topného tělíska je 500W, bude triakem protékat proud téměř 2A. Ke spínání byl použit triak BT138/800, který je určen pro maximální proud 12A. Při maximálním výkonu dochází k zahřívání triaku a proto je k němu připojen chladič o rozměrech 13x19x13mm.

Řídicí obvod byl oproti obvodu na obr. 5.12 rozšířen o trimr T1, jehož nastavením lze snížit maximální výkon topného tělíska až o 60%.



Obr. 5.14: Elektrické schéma zapojení topného zařízení

Osázená deska plošných spojů je umístěna do krabičky o rozměrech 110x90x35mm dle obr. 5.15. Protože jsou všechny součástky vodivě spojeny se síťovým napětím, byl k regulaci výkonu topného tělíska použit potenciometr s plastovým pouzdrům, umístěný na přední panel regulátoru. Přední panel regulátoru výkonu je na obr. 5.16.



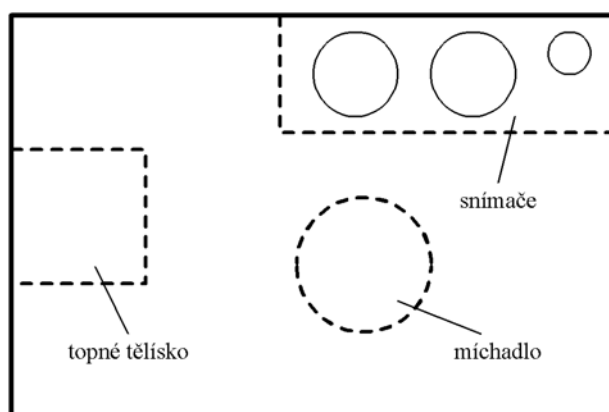
Obr. 5.15: Regulátor výkonu topného zařízení



Obr. 5.16: Přední panel regulátoru výkonu topného zařízení

5.3. Barvicí lázeň

Rozměry barvicí lázně by měly být z důvodů spotřeby chemikálií co možno nejmenší. Před výrobou nádoby barvicí lázně byl proveden návrh rozmístění snímačů, topného tělíska a magnetického míchadla v lázni (viz. obr. 5.17). Výška nádoby pro barvicí lázeň byla dána rozměrem použitého topného tělíska, jehož výška je 11 cm.



Obr. 5.17: Návrh rozmístění jednotlivých prvků v barvicí lázni

Barvicí lázeň byla slepena ze skleněných desek o tloušťce 5 mm. Ve spodní části nádoby byl vyvrtán otvor o průměru 1 cm. Do otvoru byla zasunuta a přilepena hadička o vnitřním průměru 8 mm. K hadičce je připojen umělohmotný kohoutek. Hadička spolu s kohoutkem slouží jako odtok barvicí lázně.

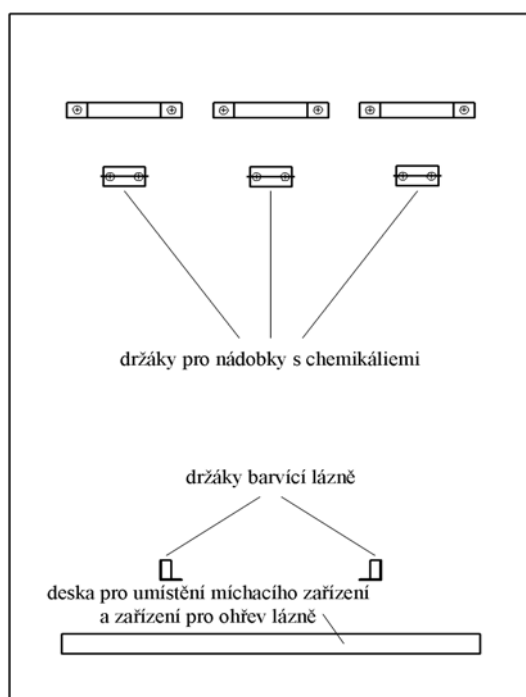
Zhotovená barvicí lázeň má vnitřní rozměry 18x12x11 cm. Náčrt, který byl podkladem pro zhotovení nádoby barvicí lázně je v příloze C.1.

Na okraj barvicí lázně je nasazen držák snímačů vytvořený z průhledného plastu, podle návrhu v příloze C.3.

5.4. Zhotovení panelu pro měřicí úlohu

Pro měřicí úlohu bylo dále zapotřebí zhotovit panel, na němž bude umístěna nádržka barvicí lázně, míchací zařízení, zařízení pro ohřev barvicí lázně a držáky pro nádoby s chemikáliemi.

Základní deska panelu pro měřicí úlohu je zhotovena z dřevotřískové desky o rozměrech 500x700x20mm.



Držáky pro nádoby s chemikáliemi se skládají ze dvou částí. První část tvoří pás z plechu široký 15mm a dlouhý 230mm. Pás plechu je vytvarovaný podle skleněné láhve, která slouží jako nádoba pro chemikálie. Druhá část držáku je zhotovena z drátu o průměru 3mm, který je vytvarován do kruhu o průměru 40mm a poté svařen. Tento kruh je přivařen k destičce o rozměrech 40x20mm. Na obr. 5.19 je detailní pohled na zhotovený držák pro nádoby s chemikáliemi. Náčrt pro zhotovení držáku je v příloze C.2.

Obr. 5.18: Rozvržení jednotlivých částí panelu měřicí úlohy



Obr.5.19: Držák nádoby

Nádoby s chemikáliemi byly opatřeny infúzními sety, jejichž funkcí je dávkování jednotlivých chemikálií. Dávkovat lze dvěma způsoby:

- dávkování plným průtokem – tímto způsobem docílíme průtoku $1,2\text{cm}^3/\text{s}$
- dávkování po kapkách – při tomto způsobu se využívá normovaného objemu dvaceti kapek (20 kapek=1ml) infúzního setu.

Pro umístění míchacího zařízení a regulátoru výkonu topného zařízení je určena deska o rozměrech 400x200x20mm. Deska je k základnímu panelu připevněna pomocí čtyř dřevěných kolíků (viz. příloha C.4).

Držák barvící lázně je tvořen dvěma dřevěnými špalíky o rozměrech 130x20x10mm. K těmto špalíkům jsou připevněny plechové profily ve tvaru L o rozměrech 20x20x130mm. Na obr. 5.20 je pohled na barvící lázeň umístěnou na tento držák. Na okraj barvící lázně je zasazen držák snímačů, jenž byl vyroben dle návrhu v příloze C.3.



Obr. 5.20: Pohled na barvící lázeň umístěnou na panelu

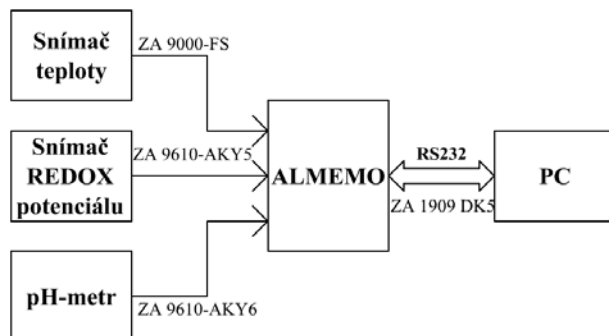
Na obr. 5.21 je sestavený panel měřicí úlohy bez snímačů.



Obr. 5.21. : Sestavený panel měřicí úlohy

5.5. Aplikace

Úkolem aplikace je zajistit načítání dat ze snímačů, vizualizaci a možnost ukládání těchto dat ve formátu použitelném pro pozdější zpracování v programu Matlab. Schéma propojení snímačů, přístroje ALMEMO a počítače je na obr. 5.22.



Obr. 5.22: Schéma měřicí části úlohy

Jak je patrné z obr. 5.22 počítač je připojen k měřicímu přístroji přes sériové rozhraní RS232. Přes sériové rozhraní lze ovládat veškeré funkce měřicího přístroje ALMEMO. Toto ovládání spočívá v zasílání předem definovaných posloupností znaků, které dané funkce aktivují. Seznam všech příkazů lze nalézt v literatuře [5].

Aplikace je vytvořena ve vývojovém prostředí Borland Delphi 5.0. Přístup k sériovému rozhraní přes API funkce je složitý, proto byl použit freewarový balíček Varian Async32 [9],[10].

5.5.1. Varian Async32

Tento balíček komponent zajišťuje obsluhu sériového rozhraní RS232. Ze souboru komponent byla při vytváření aplikace použita pouze komponenta VaComm. V tabulce 5.1 je seznam důležitých vlastností a událostí komponenty VaComm použitých při návrhu aplikace.

Tabulka 5.1: Vlastnosti a události komponenty VaComm

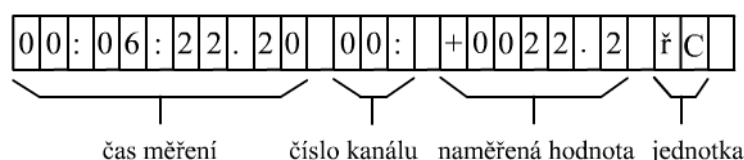
Vlastnosti a události	Popis
VaComm1RxChar	Tato událost je volána při příjmu dat z ALMEMA
WriteText	Tato funkce zapíše řetězec z na port
ReadText	Tato funkce načte řetězec znaků z portu
PortNum	V této proměnné je uloženo číslo portu
Close	Uzavře oteřený port
Open	Otevře port (PortNum)

5.5.2. Vytváření aplikace

Nejprve bylo nutné nastavit základní parametry potřebné pro komunikaci s měřicím přístrojem ALMEMO po sériové lince:

- rychlost přenosu: 9600kb/s
- počet bitů: 8
- počet stop bitů: 1
- parita: žádná

Jako požadavek pro vyslání změřených dat z ALMEMA je odeslána posloupnost znaků **\$I**. Po přijetí tohoto příkazu, ALMEMO vyšle naměřená data ze všech připojených snímačů. Na obr. 5.23 je příklad formátu přijatých dat ze snímače teploty.



Obr. 5.23: Formát přijatých dat

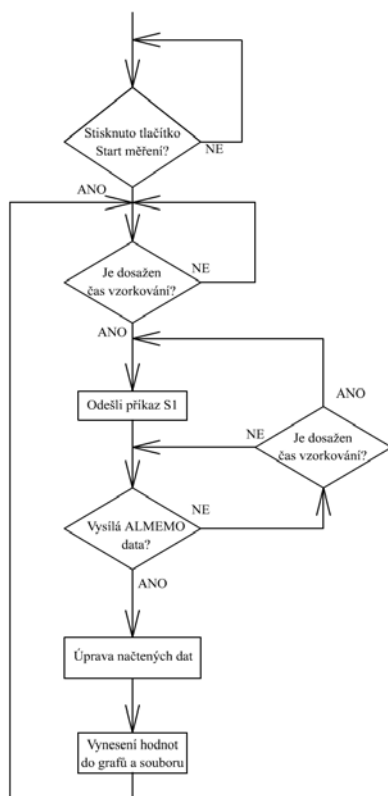
Z takto přijatých dat se nejprve získá naměřená hodnota a po zjištění jednotky (°C, pH nebo mV), která hodnotu následuje se určí o jakou veličinu se jedná. Získaná hodnota je zapsána do pomocného souboru (*data.grf*).

Pro další práci v aplikaci je nutné nahradit desetinnou tečku desetinnou čárkou. Upravená hodnota je vynesena do příslušného grafu a zobracena v poli aktuálních hodnot.

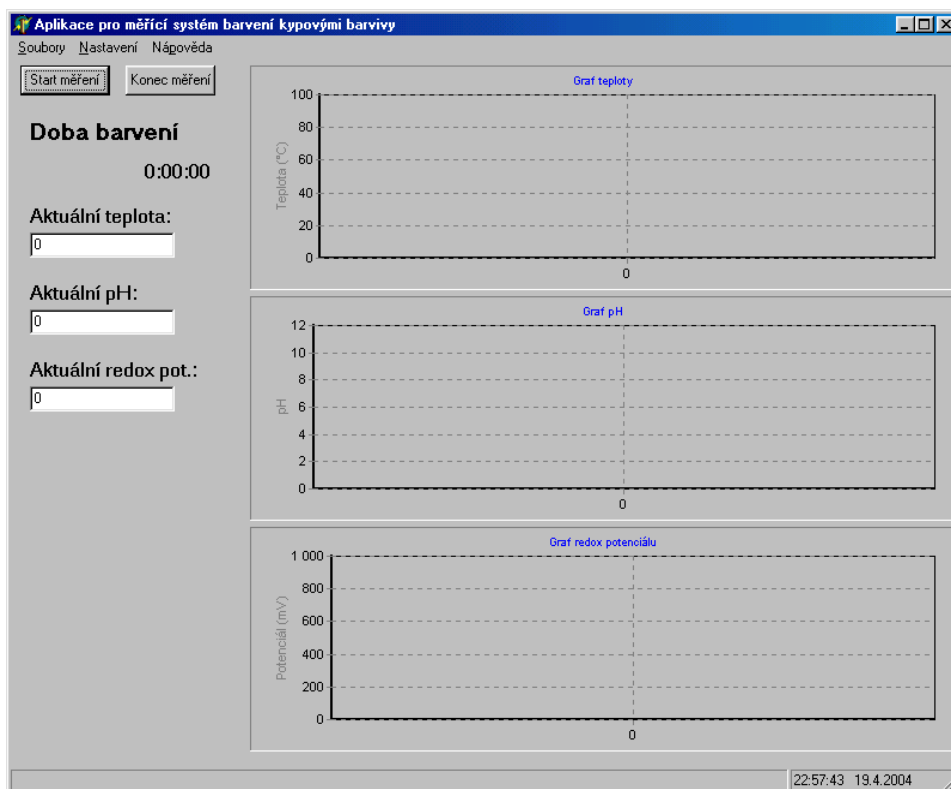
Volba *Nastavení* umožňuje volbu sériového portu počítače, ke kterému je připojen měřicí přístroj ALMEMO a nastavit periodu vzorkování. Po potvrzení se zvolené hodnoty zapíše do souboru *nastaveni.dat*. V tomto souboru je dále uložena pozice a rozměry hlavního okna, které se zapisují při ukončení aplikace. Při spuštění aplikace se naopak tyto hodnoty ze souboru načtou, a tak odpadá nutnost nastavování po každém spuštění aplikace.

Ukládat naměřená data do libovolného souboru lze přes položku *Soubory -> Ulož jako...* hlavního menu. Volba *Načti...* vykreslí hodnoty z vybraného souboru do grafu.

Na obr. 5.24 je vývojový diagram části aplikace, určené k načítání a vizualizaci dat a na obr 5.25 je hlavní okno aplikace.



Obr. 5.24: Vývojový diagram načítání dat



Obr. 5.25: Hlavní okno aplikace

6. Závěr

Hlavním cílem diplomové práce byla realizace měřicího systému pro vybraný zušlechťovací proces a vytvoření aplikace zajišťující načítání, vizualizaci a ukládání dat změřených pomocí použitých snímačů.

V úvodu této diplomové práce bylo provedeno seznámení se zušlechťovacími procesy textilního průmyslu a dále byly popsány základní druhy snímačů používaných při zušlechťovacích procesech.

Bylo navrženo celkem pět měřících systémů. Z těchto navržených systémů byl pro realizaci vybrán měřicí systém zušlechťovacího procesu barvení kypovými barvivy.

Pro daný měřicí systém byla navržena a vyrobena magnetická míchačka s možností regulace otáček v rozmezí 0 až 2000ot/min. Regulace otáček je realizována pulsně šířkovou modulací.

Pro ohřev barvicí lázně bylo použito topné tělísko o příkonu 500W. K tomuto topnému tělísku byl navržen a sestaven triakový regulátor výkonu umožňující změnu výkonu v rozsahu 0 až 99%.

Dále byla navržena nádoba sloužící jako barvicí lázeň a sestaven panel na kterém jsou umístěny jednotlivé části realizovaného měřicího systému.

V rámci diplomové práce byla vytvořena aplikace zajišťující načítání, vizualizaci a ukládání naměřených hodnot. Takto uložené hodnoty lze dále zpracovávat například v programu Matlab 5.3.

Na závěr bylo provedeno měření (viz. příloha D) pro ověření funkčnosti celého měřicího systému. Výhodou takto postaveného systému je možnost jeho použití i pro jiné zušlechťovací procesy.

Dalším pokračováním této práce by mohlo být větší zautomatizování systému (např. řízení výkonu topného tělesa pomocí počítače v závislosti na změřené teplotě).

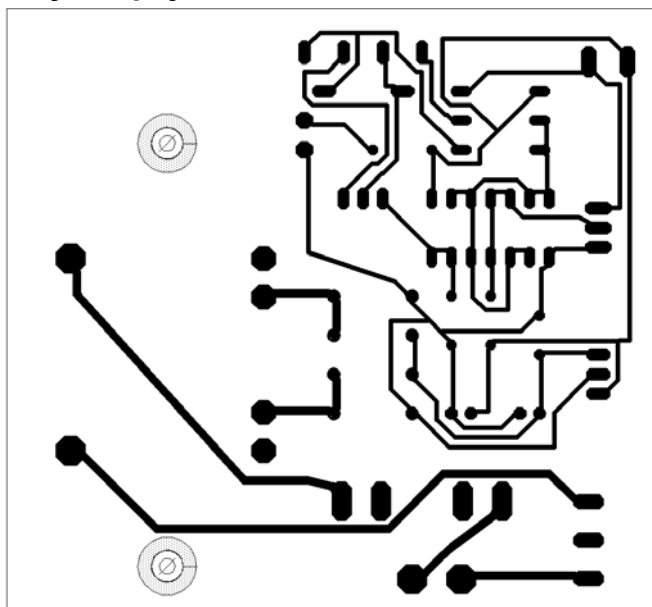
7. Použitá literatura

- [1] RŮŽIČKA, J. a kol.: Technologie předúprav, finálních a speciálních úprav textilních materiálů, skriptum VŠCHT, Pardubice 1985.
- [2] ODVÁRKA, J.: Teorie zušlechťování, skriptum VŠST, Liberec 1980.
- [3] ĎAŘO, S.-KRIEDL, M.: Senzory a měřicí obvody, Vydavatelství ČVUT, Praha 1996.
- [4] ALMEMO products devices. URL: <http://www.ahlborn.com/>
- [5] ALMEMO: Dokumentace
- [6] NEUMANN, P.-UHLÍŘ, J.: Elektronické obvody, Vydavatelství ČVUT, Praha 1998.
- [7] MALINA, V.: Digitální technika, Nakladatelství KOPP, České Budějovice, 1999.
- [8] JALOVECKÝ, R.: Efektivně na PWM. URL: <http://www.hw.cz>
- [9] VYKOPAL, J.: Sériové rozhraní v Delphi. URL: <http://www.builder.cz>
- [10] BRÁZA, J.: Delphi 4, Grada Publishing, 1999

8. Přílohy

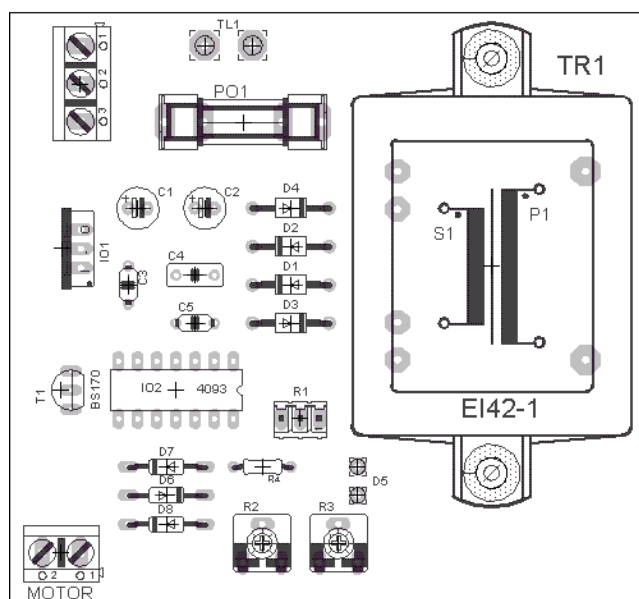
A. Magnetická míchačka

A.1. Deska plošných spojů



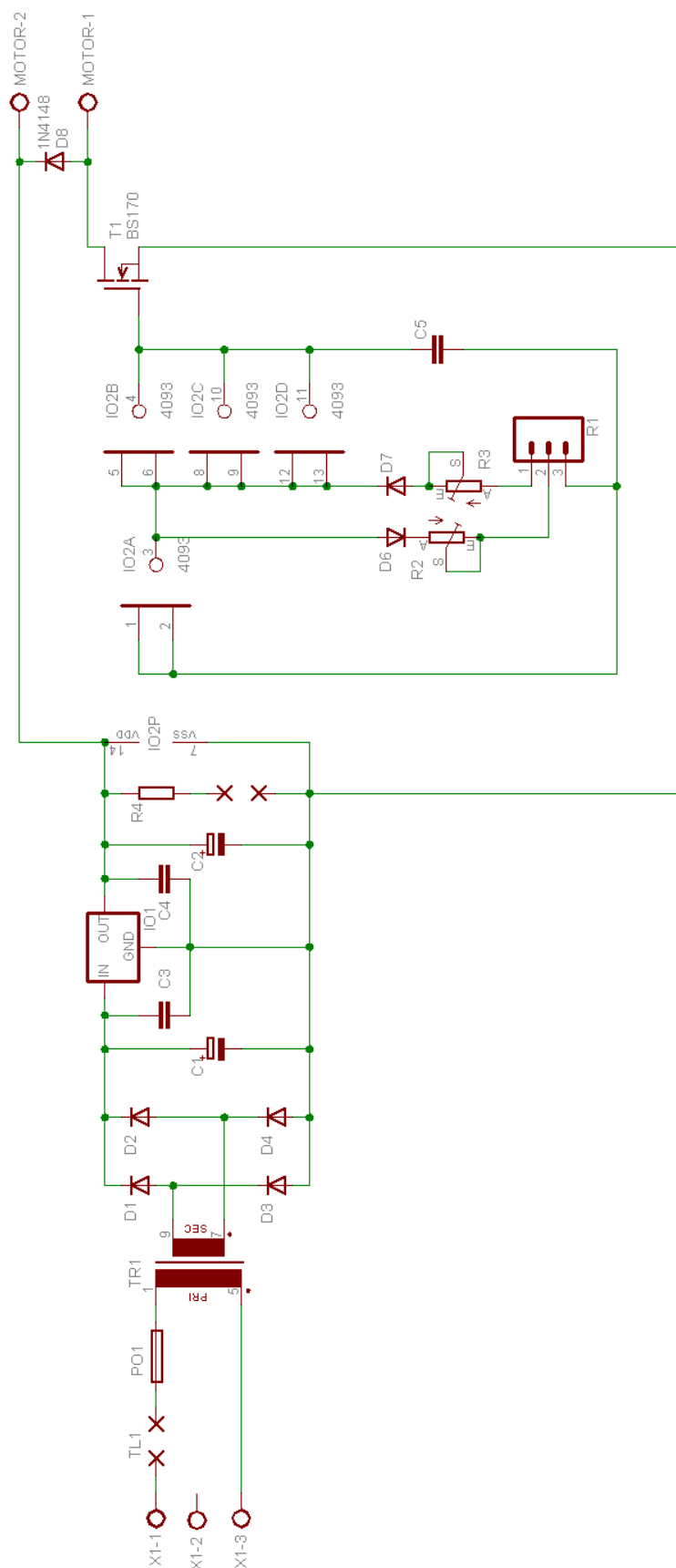
Obr. A1: Pohled ze strany spojů

A.2. Rozložení součástek



Obr. A2: Rozložení součástek na desce plošných spojů

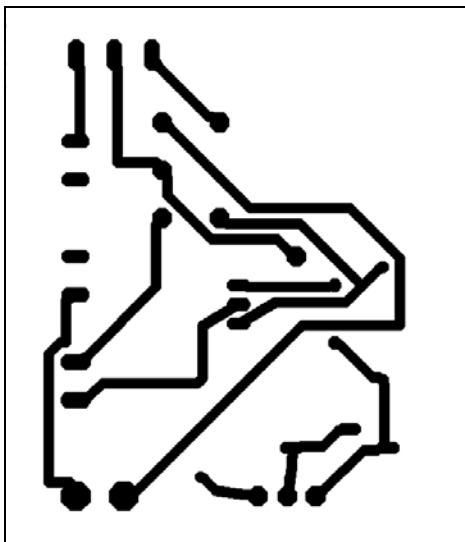
A.3. Schéma obvodu magnetické míchačky



Obr. A3: Elektrické schéma obvodu magnetické míchačky

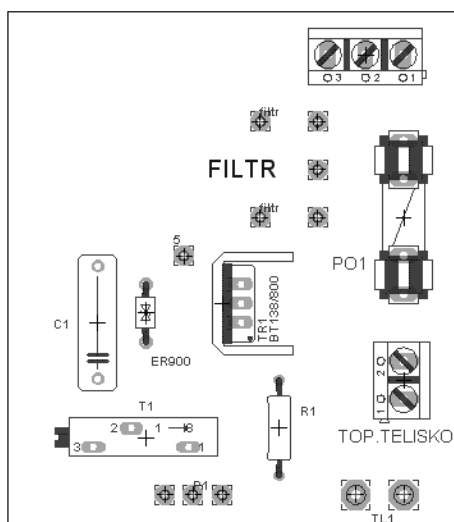
B. Regulátor výkonu topného tělíska

B.1. Deska plošných spojů

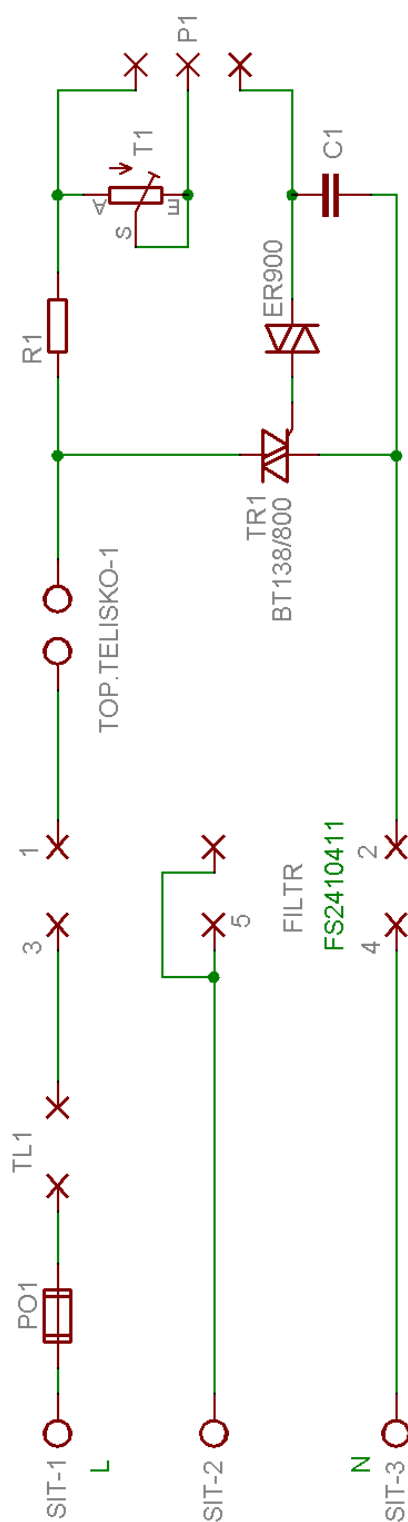


Obr. B1: Pohled ze strany spojů

B.2. Rozložení součástek



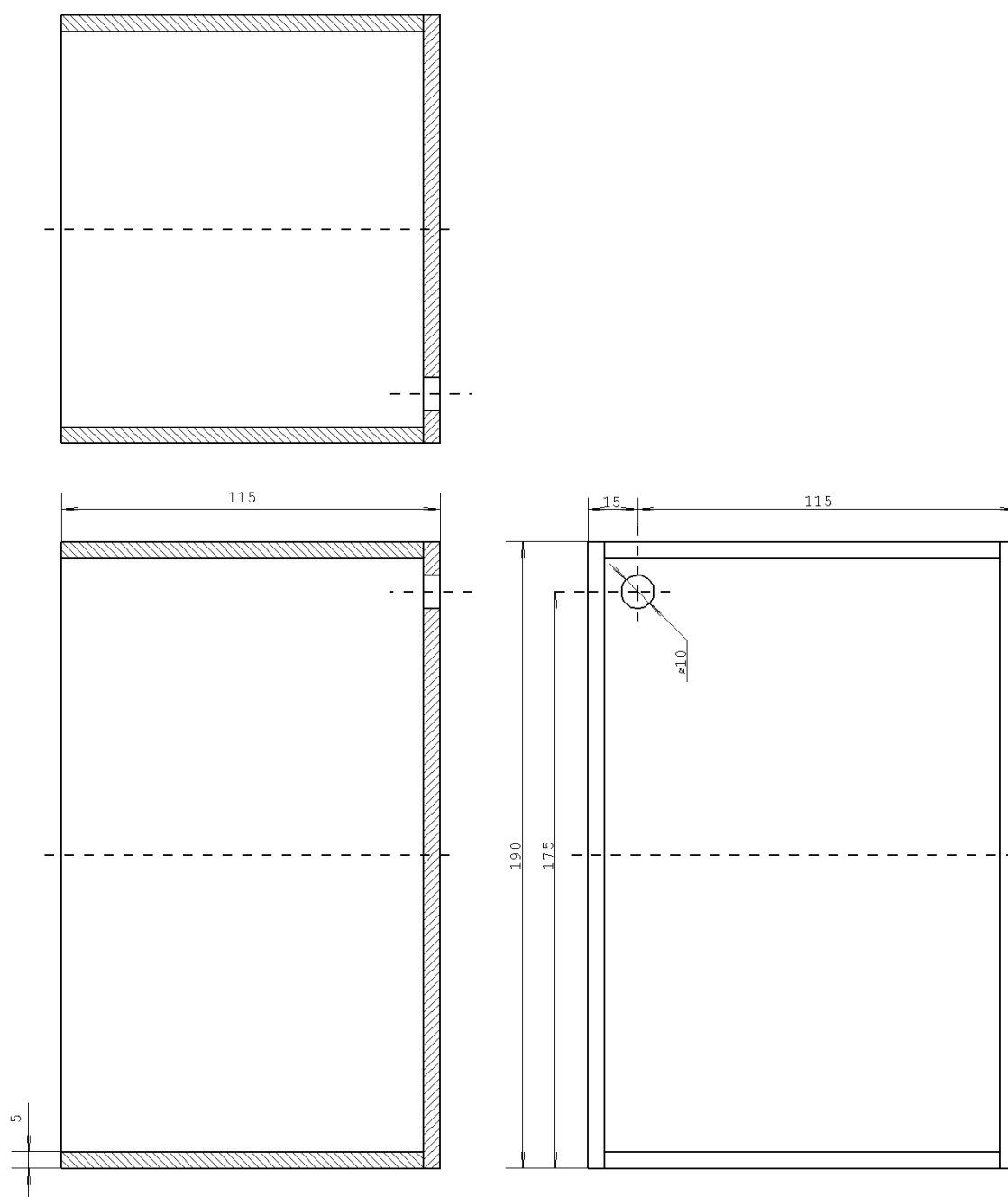
Obr. B2: Rozložení součástek regulátoru výkonu

B.3. Schéma obvodu regulátoru výkonu topného tělíska

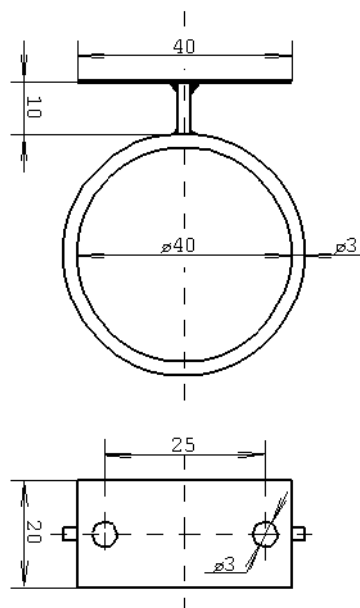
Obr. B3: Elektrické schéma regulátoru výkonu topného tělíska

C. Panel měřicí úlohy

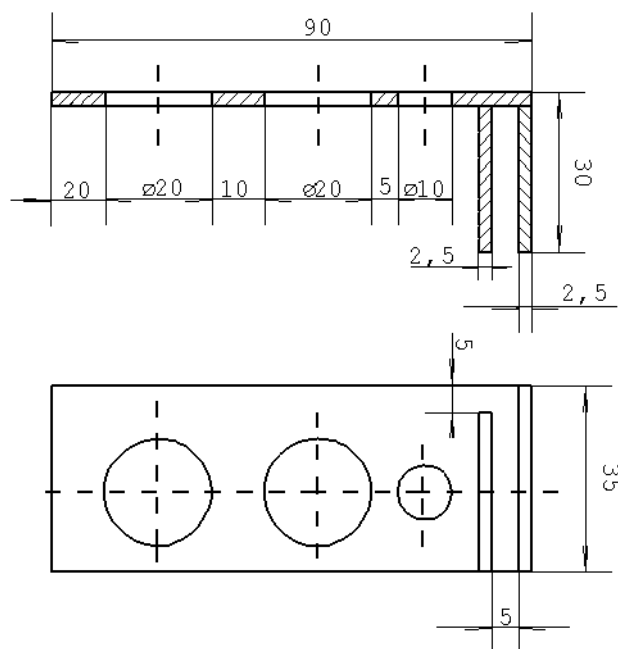
C.1. Barvící lázeň



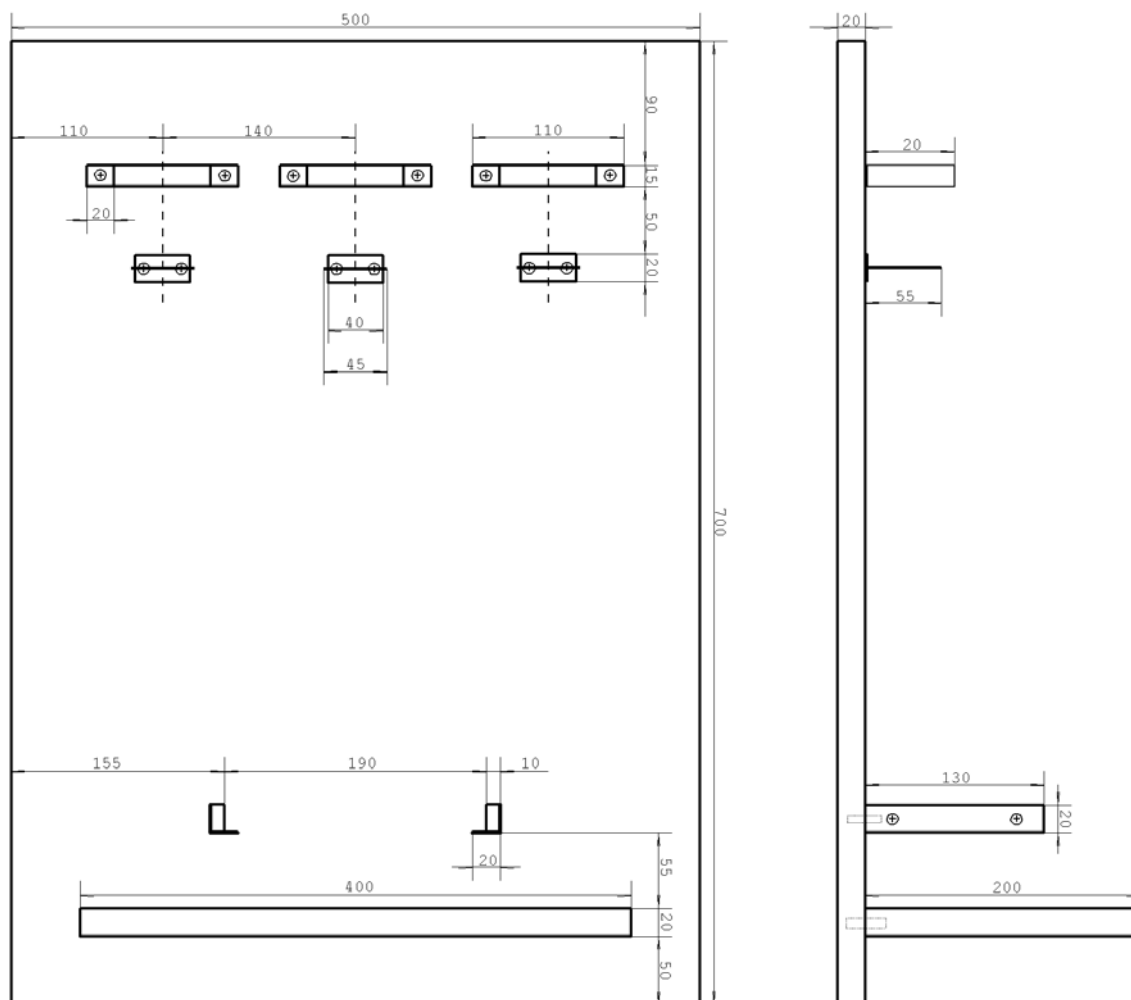
Obr. C1: Podklad pro návrh nádoby barvící lázně

C.2. Držák nádržky

Obr. C2: Náčrt držáku pro nádržku

C.3. Držák snímačů

Obr. C3: Podklad pro výrobu držáku snímačů

C.4. Sestavený panel měřicí úlohy

Obr. C4: Panel měřicí úlohy

D. Měření

Na sestavené úloze bylo provedeno měření pro ověření všech funkcí měřicího systému. Měření bylo provedeno na zušlechťovacím procesu barvení kypovými barvivy podle způsobu M2 (viz. kapitola 4.4). Systém byl sestaven podle návrhu (viz. kapitola 4.4.2) pouze snímač redox potenciálu nebyl kvůli nefunkčnosti použit.

D.1. Příprava barvicí lázně

Množství jednotlivých složek barvicí lázně bylo zvoleno pro obarvení 5g bavlněné textilie. Kvůli větším rozměrům nádoby barvicí lázně byl zvolen poměr lázně (tzn. poměr mezi hmotností materiálu a hmotností barvicí lázně) 1:100, takže objem barvicí lázně byl 500ml. Pro 5% vybarvení textilie bylo naváženo 0,25g barviva, 2,5g dithioničitanu sodného $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, 10g NaCl a odměřeno 5ml louhu sodného NaOH o koncentraci 38°Bé.

Před začátkem barvení byla sůl, louh a dithioničitan smíchány s vodou tak, aby byl získán roztok o objemu 400ml.

D.2. Průběh barvení

Získaný roztok byl nalit do dvou nádržek, třetí nádržka byla naplněna vodou.

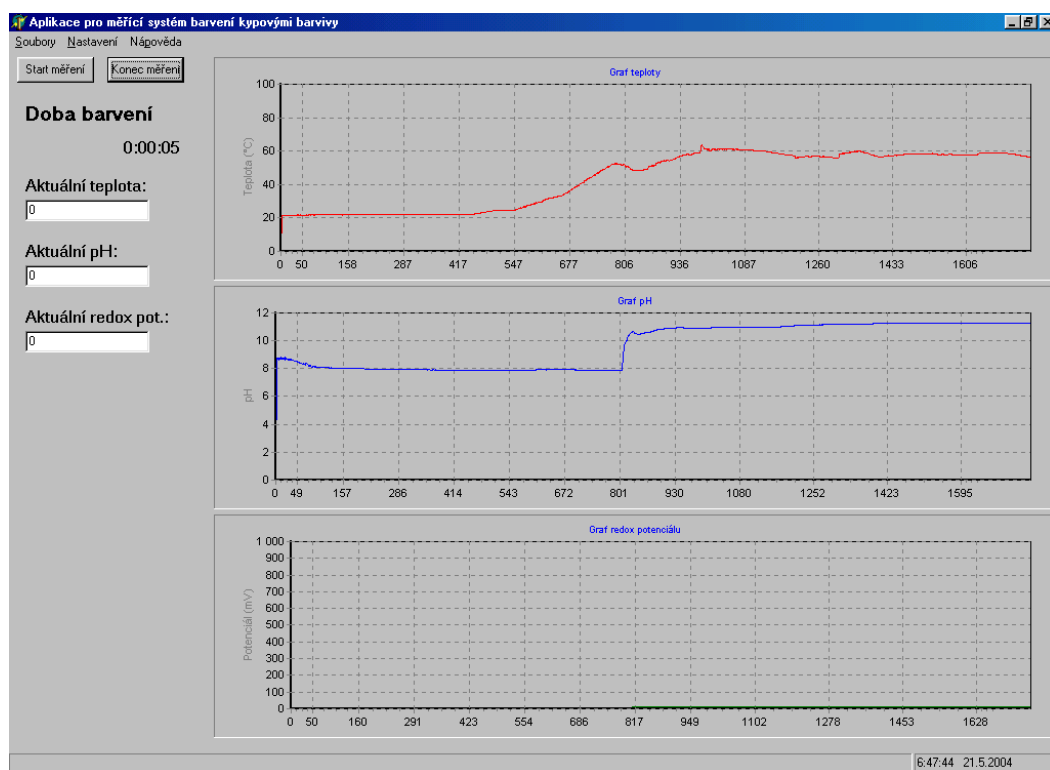


Obr. D1: Panel měřicí úlohy při procesu barvení

Na počátku barvení bylo barvivo smícháno v barvicí lázni s malým množstvím vody a poté byla tato směs zředěna vodou. Zařízení pro ohřev barvicí lázně ohřálo tento roztok na teplotu 50°C. Po dosažení této teploty byl do barvicí lázně přidáván roztok louhu, soli a dithioničitanu z nádržek.

Na obr.D1 je zobrazen panel v průběhu procesu barvení a na obr. D2 jsou grafy naměřené v průběhu barvení (perioda vzorkování = 1s).

V čase 13minut od počátku měření byl do lázně přidáván roztok louhu, dithioničitanu a soli. V této době vzrostlo pH na hodnotu 11 jak je patrné z obr. D2.



Obr. D2: Graf naměřené teploty a pH

D.3. Závěr měření

Měřením byla ověřena funkčnost sestaveného měřicího systému, kterou dokládá obarvená bavlněná textilie (viz. obr. D3 a obr. D4).



Obr. D3: Textilie před barvením



Obr. D4: Obarvená textilie

Výsledky měření (soubor naměřených hodnot) jsou součástí přiloženého kompaktního disku.

E. Obsah přiloženého CD

Obsah kořenového adresáře přiloženého CD:

/aplikace	spustitelný soubor aplikace,
/doc	adresář obsahuje dokument diplomové práce,
/almemodoc	ALMEMO dokumentace v elektronické podobě,
/src	zdrojové soubory vytvořené aplikace,
/tools	volně dostupné nástroje a balíky použité při vývoji aplikace,
/mereni	adresář obsahuje soubor naměřených dat.